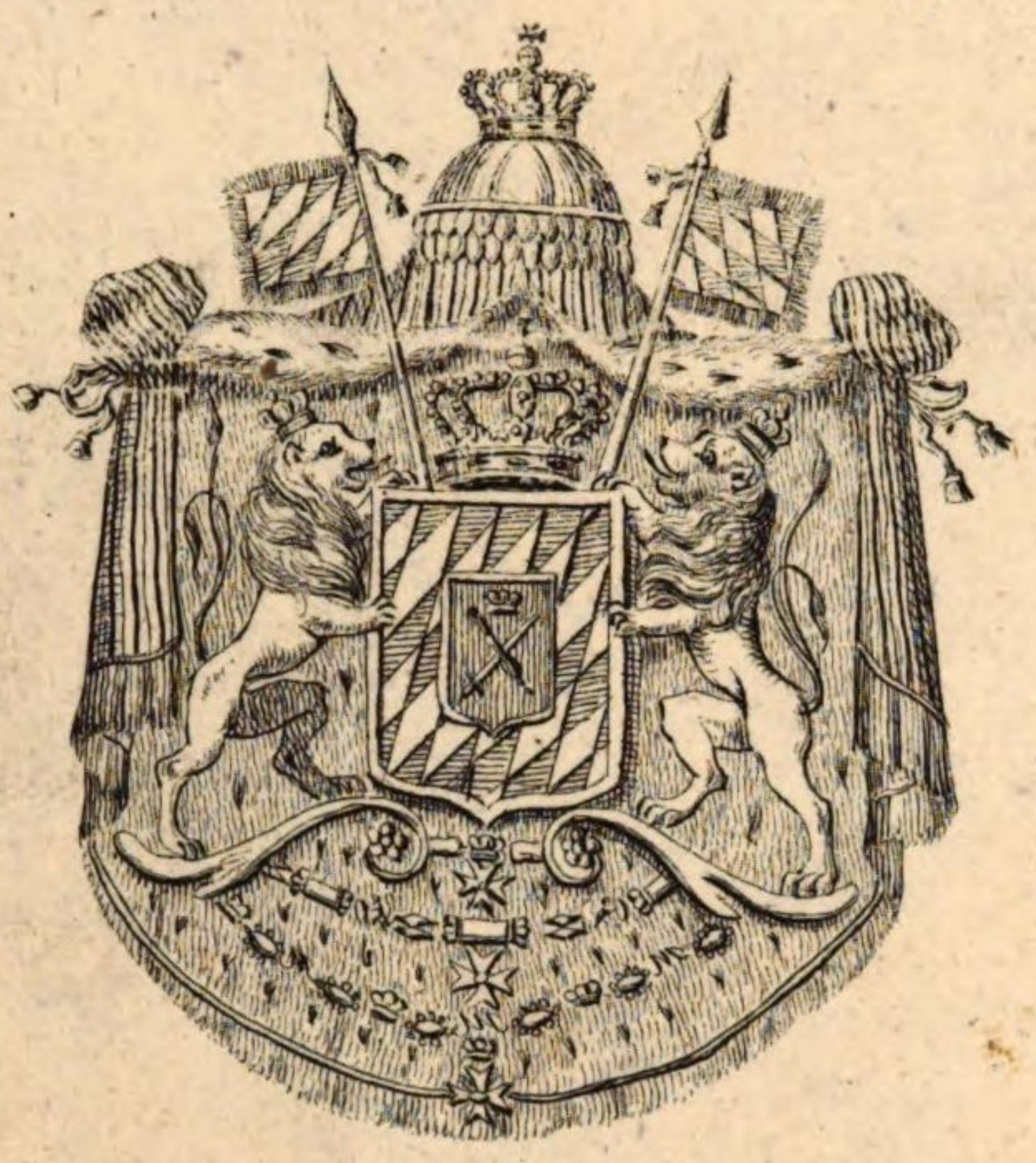
Mon. med.
Mon. med.
167 m. Buchner (3 Anz.)
12



BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS.

<366133456900 11

<366133456900 11

Bayer. Staatsbibliothek

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Grundriß

der

Physik,

als Vorbereitung zur Chemie,
Naturgeschichte und
Physiologie,

von

Dr. J. Andreas Buchner,

Hofrath und Professor an der Königl. Baier. Universität zu Landshut, Mitglied mehrerer Akademieen und gelehrten Gesellschaften.

Mit 10 Kupfertafeln und 14 Tabellen.

Nürnberg, 1825
bei Johann Leonhard Schrag.

Vollständiger

Inbegriff der Pharmacie

in ihren

Grundlehren und praktischen Theilen.

Ein Handbuch

für Aerzte und Apotheker,

von

J. Andreas Buchner,

Doctor der Philosophie, Medicin u. Pharmacie, ord. öff. Professor u. Vorstand des chemischen und pharmaceutischen Instituts an der Ludwig-Maximilians-Universität zu Landshut, Mitglied der Königl. Baier. Akademie der Wissenschaften zu München, der Königl. Preuß. Akademie der nützl. Wiss. zu Erfurt, der kaiserl. Akademie der Naturforscher zu Bonn, so wie auch der niederrheinischen Gesellsch. für Natur- und Heilkunde daselbst, des polytechnischen Vereins für das Königr. Baiern, der Senkenbergischen naturforschenden Gesellsch. in Frankfurt a. M. und der Gesellsch. zur Beförderung der nützl. Künste und ihrer Hülfswissenschaften daselbst, Ehrenmitglied der pharmaceutischen Vereine in Baiern und im nördlichen Teutschland, so wie auch der pharmacent. Gesellschaft zu St. Petersburg ꝛc.

Zweiter Theil.

Mit 10 Kupfertafeln und 14 Tabellen.

Nürnberg, 1825

bei Johann Leonhard Schrag.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorrede.

Bei Verfassung des gegenwärtigen Grundrißes der Physik hatte ich die Absicht, denjenigen, welche sich der Medicin und Pharmacie widmen wollen, eine gute Vorbereitung zum Studium der Chemie, Naturgeschichte, und Physiologie an die Hand zu geben. Man würde sich aber sehr irren, wenn man in diesem Buche weiter nichts, als was auf die Medicin und Pharmacie zunächst Anwendung findet, suchen zu dürfen glaubte; ich bin der Meinung, daß eine gewiße Vollständigkeit in den Grundwissenschaften erfoderlich ist, um in den besondern Fach- oder Brod-Studien gründlich zu werden. Man wird also in diesem Grundrisse ziemlich alles beisammen finden, was man in den Lehrbüchern der Physik zu suchen gewohnt ist, und zwar, wie ich mir schmeichle, in einer guten natürlichen Ordnung.

Da die Zöglinge der Pharmacie in der ersten Zeit ihrer Berufsbildung selten Gelegenheit

haben, Vorlesungen über Physik zu hören, so trachtete ich, dem Werke eine solche Einrichtung zu geben, daß es auch zum Selbstunterrichte geeignet seyn durfte. Kenner mögen beurtheilen, wie weit meine Absicht in Betreff jenes wohlgeordneten und deutlichen Vortrags, jenes Mittels zwischen Compendium und ausführlichem Handbuche, wie es das Privatstudium nöthig macht, erreicht worden ist. Das Register und die beigefügten Tabellen sollen, wie ich hoffe, das Werk auch für solche, welche die Physik schon früher studiert haben, als Handbuch zum Nachschlagen brauchbar machen, zumal da ich bemüht war, die neuern Entdeckungen z. B. über Elektro- und Thermomagnetismus, soweit als für den ersten Unterricht passend ist, einzureihen.

Ich war anfangs Willens, bei jedem Artikel die Literatur anzuführen, allein da das Buch nicht viel über 24 Bogen stark werden durfte, so war ich gezwungen, mein Vorhaben wieder aufzugeben. Das Werk wird durch diese Weglassung kaum etwas an Brauchbarkeit verlieren, denn dem Anfänger ist es nicht rathsam, sich sogleich auf das Studium der Quellen einzulassen, und denjenigen, welche sich in der Physik weiter fortbilden wollen, fehlt es gewiß nicht an andern Hülfsmitteln.

Mathematiker werden es vielleicht tadeln, daß ich in der Mechanik, Hydraulik, Pneumatik, Optik u. s. w. die Lehrsätze schon als erwiesen angenommen hingestellt habe, ohne die mathematischen Formeln, welche als Beweise dienen, beizufügen. Allein ich muß bemerken, daß es weit mehr Nutzen bringt, wenn man dem Anfänger die Wissenschaft zuerst leicht zugänglich, faßlich und angenehm macht, statt durch mathematische Formeln, welche die wenigsten verstehen, davon abzuschrecken; denn bei den meisten Zöglingen der Pharmacie darf man doch von mathematischen Kenntnissen mehr nicht als Arithmetik voraussetzen.

Uebrigens war meine Absicht nicht, etwas besseres zu schreiben, als wir in früher erschienenen Lehrbüchern von Gren, Kastner, J. T. Mayer, Munke, (dessen treffliche Anfangsgründe der Naturlehre, Heidelberg 1819, ich im Verzeichniße der neuern Lehrbücher S. 32. einzuschalten bitte) Neumann, Scholz, Trommsdorff, bereits besitzen, die Rechtfertigung meines Unternehmens liegt im Plane des vollständigen Inbegriffes der Pharmacie, wovon die Physik den zweiten Theil ausmacht. Es giebt in dieser Wissenschaft viele erwiesene, und von mehrern Gelehrten so gut dargestellte Wahrheiten, daß der Verfasser eines neuen Lehrbuches nichts bessers thun kann, als aus vor-

handenen Schriften zu schöpfen; in dieser Hinsicht gestehe ich, außer den genannten Werken, vorzüglich Gilberts Annalen der Physik fleißig benützt zu haben.

Indessen wird der Kenner in meinem Grundrisse auch manches Eigenthümliche, hinsichtlich der Anordnung und Entwicklung, und manche besondere Ideen, z. B. über allgemeine Anziehung, Schwere, Cohäsion, Adhäsion u. s. w. finden. Die Krystallographie wurde ausführlicher behandelt, als es in den meisten Lehrbüchern der Physik der Fall ist, weil dieser Gegenstand dem Chemiker und Pharmaceuten besonders wichtig ist. Dagegen wurden die Lehren von der schiefen Ebene, vom Pendel, vom Hebel, von der Rolle, überhaupt die Mechanik, sowie auch die Hydrostatik und Hydraulik möglichst kurz, und dabei doch, wie ich hoffe, verständlich genug abgehandelt. Was in den meisten Lehrbüchern der Physik von der Chemie vorzukommen pflegt, wurde ganz weggelassen; weil die Chemie einen besondern Theil meines vollständigen Inbegriffs der Pharmacie ausmacht, der sich zunächst an die Physik anreiht.

So viel in Beziehung auf den gegenwärtigen Grundriß: Nun noch einige Worte wegen der Fortsetzung des Inbegriffs der Pharmacie. Als ich im October 1822 die Vorrede zur Toxikolo-

gie schrieb, glaubte ich, daß im darauf folgenden Jahre die Physik würde erscheinen können, und wirklich war 1823 schon ein beträchtlicher Theil davon gedruckt, woher es kömmt, daß man S. 33. unter der neuern Literatur Gilberts Annalen nur bis zum 73ten Bande angezeigt findet, während doch jetzt schon vom 76ten Bande die zwei ersten Hefte, und nach Gilberts Tod bereits sieben Hefte einer neuen Folge dieser trefflichen Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von J. C. Poggendorff, vor mir liegen. So wurde auch S. 32. die Anmerkung zu Gehlers Wörterbuche gedruckt, als Gilbert noch thätig war. Allein noch in demselben Jahre (1823) wurde mein verehrter Freund und Collega Hr. Hofr. Fuchs von hier zur Akademie der Wissenschaften nach München berufen, und ich erhielt den allerhöchsten Auftrag, seine Lehrfächer zu meinen bisherigen einstweilen zu übernehmen. So kam es, daß ich einige Monate lang die Feder bei Seite legen mußte, um einzig dem mündlichen Lehramte zu leben, und daß ich die Hoffnung aufgab, den Inbegriff der Pharmacie allein vollenden zu können. Daher verband ich mich mit zwei ausgezeichneten Gelehrten, nämlich mit Herrn Prof. Goldfuß in Bonn für die Zoologie, und mit Hrn. Dr. Eschweiler in München für die Bota-

nik, um die Hrn. Subscribenten nicht noch länger hinzuhalten. Durch diese neue Veranstaltung wird der Inbegriff der Pharmacie nicht nur schneller erscheinen, sondern auch sehr an seinem Werthe gewinnen. Die Naturgeschichte ist nämlich unter den Grundwissenschaften der Pharmacie von so großer Wichtigkeit, daß die Theile derselben nur zum Nachtheil für's Ganze in einen Band hätten zusammengedrängt werden können. Der vierte Theil wird also aus drei Bänden bestehen, nämlich 1) Mineralogie, 2) Botanik und 3) Zoologie; so wie auch der dritte Theil, woran bereits gedruckt wirb, in zwei Bände, nämlich 1) allgemeine und synthetische Chemie, und 2) analytische Chemie, gebracht wird. Der fünfte und sechste Theil endlich, nämlich die Pharmakognosie und Pharmakochemie, wofür ich beständig sammle, ergänze und verbessere, sollen, wie ich hoffe, so vollständig und für den Gebrauch so bequem werden, daß man sie als eine Pharmacopoea universalis wird gebrauchen können.

Landshut, den 13. Februar 1825.

Der Verfasser.

Systematisches Inhalts-Verzeichniß.

Erster Abschnitt.

Einleitung.

Ueber Natur und Naturwissenschaft im Allgemeinen §§. 1—2.
Nähere Bezeichnung, Eintheilung und Nutzen der Physik §§. 3—5.
Geschichte und Literatur der Physik §§. 6—7.

Zweiter Abschnitt.

Allgemeine Eigenschaften der Materie.

Ueber Wesen, Materie und Körper §. 8.
Raum und Zeit §. 9.
Kräfte §. 10.
Dynamische Theorie §. 11.
Atomistische Theorie §. 12.
Allgemeine und besondere Eigenschaften der Materie §. 13.
Ausdehnung §. 14.
Undurchdringlichkeit §. 15.
Beweglichkeit §. 16.
Bewegungskraft §. 17.
Cohäsionskraft §. 18.
Expansivkraft §. 19.

Dichtigkeit §. 20.
Porosität §. 21.
Elasticität §. 22.
Dehnbarkeit §. 23.
Aggregatzustand §. 24.
Festigkeit §. 25.
Flüßigkeit §. 26.
Luftzustand §. 27.
Incoercibilität §. 28.
Theilbarkeit §. 29.
Adhäsion §. 30.
Schwere §. 31.
Bewegung §. 32.
Arten der mechanischen Bewegung §. 33.
Zeit und Raum der Bewegung §. 34.
Größe der Bewegung §. 35.
Beharrungsvermögen §. 36.
Mittheilung der Bewegung §. 37.
Gewicht §. 38.
Absolutes Gewicht §. 39.
Relatives Gewicht §. 40.
Specifisches Gewicht §. 41.
Bestimmung des specifischen Gewichts fester und tropfbarflüßiger Körper §§. 42—44.
Aräometrie §. 45.
Bestimmung des specifischen Gewichts der Gasarten §. 46.
Polarität §. 47.
Chemische Verwandtschaft §. 48.
Chemische Synthese und Analyse §§. 49—50.
Chemische Elemente §. 51.
Wägbare und unwägbare Stoffe §. 52.
Statik und Dynamik überhaupt §. 53.

Dritter Abſchnitt.

Statik und Dynamik der coercibilen Stoffe.

I.

Feſte Körper.

Bildung feſter Körper §. 54.
Bildung regelmäßiger Geſtalten §. 55.
Kryſtalliſation §. 56.
Erſcheinungen beim Kryſtalliſationsprozeß §. 57.
Urſachen der verſchiedenen Kryſtallgeſtalten §. 58.
Kryſtallographie §§. 59—69.
Kryſtallſyſteme §§. 70—74.
Modificationen der Kryſtalle §. 75—86.
Afterkryſtalle §. 87.
Efflorescenz §. 88.
Verwitterung §. 89.
Härte §. 90.
Relative Feſtigkeit §. 91.
Bewegung feſter Körper §. 92.
Schwerpunkt §. 93.
Fall feſter Körper §. 94.
Wurfbewegung §. 95.
Schiefe Ebene §. 96.
Pendelſchwingung §. 97.
Kreisbewegung §. 98.
Stoßbewegung §. 99.
Beförderungsmittel der mechaniſchen Bewegung §. 100.
Hebel §. 101.
Wage §. 102.
Rolle §. 103.
Rad an der Welle §. 104.
Schraube §. 105.

Keil §. 106.
Zusammengesetzte Maschinen §. 107.
Hindernisse der Bewegung bei festen Körpern §. 108.

II.

Tropfbare Flüßigkeiten.

Hydrostatik §. 109.
Druck tropfbarer Flüssigkeiten §. 110.
Hydraulik §. 111.
Capillarität §. 112.

III.

Luft und Dampf.

Aerostatik §. 113.
Pneumatik §. 114.
Pneumatische Wanne §. 115.
Gasometer §. 116.
Compressionsmaschine §. 117.
Gebläse §. 118.
Luftpumpe §. 119.
Saugpumpe §. 120.
Heber §. 121.
Dampfmaschine §. 122.
Atmosphäre §. 123.
Barometer §. 124.
Manometer §. 125.
Aerostat §. 126.
Anemometer §. 127.
Hygrometer §. 128.

IV.

Schall.

Akustik §. 129.
Schallende Körper §. 130.

Fortpflanzung des Schalles §. 131.
Wahrnehmung des Schalles §. 132.

V.

Geruch, Geschmack und Gefühl.

Osmetik §. 133.
Geumatik §. 134.

Vierter Abschnitt.

Statik und Dynamik der Incvercibilen.

I.

Licht.

Ursprung des Lichtes §. 135.
Optik §. 136.
Katoptrik §. 137.
Dioptrik §. 138.
Dioptrische Gläser §. 139.
Doppelte Strahlenbrechung §. 140.
Lichtpolarisation durch Reflexion §. 141.
Farben §. 142.
Auge §. 143.
Mikroscop §. 144.
Fernrohr §. 145.
Photometer §. 146.

II.

Wärme.

Ursprung der Wärme §. 147.
Wirkung der Wärme §. 148.
Thermometer §. 149.
Pyrometer §. 150.
Specifische Wärme §. 151.
Wärmeleitung §. 152.
Bewegung der Wärme §. 153.

*

III.

Elektricität und Magnetismus.

Ursprung der Elektricität §. 154.
Elektrisches System der Körper §. 155.
Elektrisirmaschine §. 156.
Verstärkungsflasche §. 157.
Elektrophor §. 158.
Condensator §. 159.
Elektrometer §. 160.
Galvanische Elektricität §. 161.
Voltaische Säule §. 162.
Trockne Säule §. 163.
Zweigliedrige Elektromotoren §. 164.
Thermoelektricität §. 165.
Elektrochemischer Apparat §. 166.
Wirkung der Elektricität §. 167.
Luftelektricität §. 168.
Erdmagnetismus §. 169.
Elektromagnetismus §. 170.
Thermomagnetismus §. 171.
Elektricität und Magnetismus in physiologischer Beziehung §. 172.

Register.

	Seite
Abdampfen	57
Ableitung der Kryſtallformen	109 u. 154
Abrauchen	57
Abſtumpfung der Kryſtalle	144
Abweichung, magnetiſche	456
Adhäſion	60
Aequator, magnetiſcher	451
Aerodynamik	103
Aeronautik	258
Aeroſtat	257
Aeroſtatik	102 u. 206
Affinität, chemiſche	99
Afterkryſtalle	156
Aggregatzuſtände	53
Akuſtik	103 u. 273
Alcarrazas	356
Analyſe, chemiſche	59 u. 100
Anamorphoſen, catoptriſche	310
Anemometer	260
Anemoſcop	260
Anker des Magnets	451
Apparat, elektrochemiſcher	427
pneumatiſcher	221
Aräometer	92
Aräometer-Grade, Vergleichung mit dem ſpecifiſchen Gewicht (Tab. IX.)	93
Aräoticon	344
Armirung, elektriſche	410
magnetiſche	451
Atmometer	270
Atmoſphäre, irdiſche	240
elektriſche	388
Atmoſphärologie	247
Attraktivkraft	38
Ausdehnung	44
durch Wärme (Tab. XI.)	350
Auflöſungspreſſe	194
Auge	330

	Seite
Auslader, elektrischer	397
allgemeiner	398
Axe der Krystalle	121
magnetische	450
Balg, hydrostatischer	194
Barometer	247
Probe der Luftpumpe	232
Baroscop	250
Basis der Krystalle	122
Batterie, elektrische	397
elektrochemische	429
magnetische	454
Beharrungsvermögen	74
Behrens-Bohnenberger's Elektrometer	418
Beweglichkeit	45
Bewegung, mechanische und chemische	69
Größe derselben	74
Mittheilung	75
fester Körper	162
Beförderungsmittel	177
Hindernisse	187
zusammengesetzte	175
Bewegungskraft	45
Biconcavglas	314
Biconvexglas	314
Blasebalg	228
Blätterdurchgänge der Krystalle	125
Blitz	447
Ableiter	448
Botanik, Begriff	3
Boussole	456
Brennglas	314
Brennpunkt	308
Brennweite	309
bei dioptrischen Gläsern	314
Calorimeter	370
Calorimotor, Hare'scher	436
Camera obscura	305
Capillarität	202
Chemie, Begriff	2
Verhältniß zur Physik	6
Centralbewegung	173
Centralkräfte	173
Centrifugalkraft	173
Centripetalkraft	173
Cohäsionskraft	45
Collectivglas	338
Collector, elektrischer	402
Compaß	456
Condensation	56
Condensator, elektrischer	401
elektro-magnetischer	471
Conductor, elektrischer	390
Compressionsmaschine	225
Consonanzen	278
Convexconcavglas	314
Dampf	56 u. 206
Dämpfe, ihre Elasticität	209 u. 214
ihre Spannung (Tab. XII.)	263
Dampfkochung und Heitzung	349
Maschine	237
Declination, magnetische	456

Seite

Declinationsnadeln, magnetische 455
Deflagrator, Hare'scher 437
Dehnbarkeit 52
Diagonallinien der Krystalle 123
Dichtigkeit 48
  specifische 80
Dichtigkeits-Zustände 53
Differentialthermometer 360
Digestor, Papiniani-scher 357
Dioptrik 103 u. 310
Dissonanzen 278
Dodekaeder, rhomboidales 130
Donner 447
Drache, elektrischer 446
Drehapparate, magnetische 467
Drillingskrystalle 155
Druck tropfbarer Flüssigkeiten 192
Druckpumpe 235
Ductilität 52
Dunst 56
Dunstkreis 240
Duplicator, Bennet's 402
Durchsichtigkeit 299
Dynamik 102

Ebene, schiefe 167
Echo 287
Ecken, axenkantige 123
Efflorescenz 157
Einfallsloth der Lichtstrahlen 311

Seite

Einleiter, elektrischer 390
Elasticität 51
  absolute und specifische 207
Elasticitätszeiger 232
Elektricität durchs Erwärmen 424
  galvanische 405
Elektricitäts-Erreger 408
  Sammler 401
  Träger, beständiger 399
  Ursprung 379
  Wirkung, mechanische, 437
  chemische 442
Elektrisirmaschine 388
Elektrochemismus 427
Elektromagnetismus 381
  und 462
Elektrometer 403
Elektrometer, Behrensbohnenberger'sches 418
Elektromotor 411
  zweigliedriger 422
Elektrophor 398
Elektroskope 403
Elemente, chemische 100
Elmsfeuer 449
Elongationswinkel 171
Endflächen der Krystalle 123
Erdmagnetismus 450
Erreger für Elektricität 408
Expansivkraft 46

Fall 65
— fester Körper 164

	Seite
Farben	321
— prismatische	322
— Spectrum	322
— subjektive oder zufällige	330
— Theorie	327
— Zerstreuung	326
Federkraft	51
Fernrohr	339
— achromatisches oder Dollondisches	341
— katoptrisches	342
Festigkeit	53
— relative	158
Feuchtigkeit der Luft	262
Figuren, Lichtenbergische	439
Filtrirpresse	196
Finsterniß	304
Fische, elektrische	477
Flasche, Kleistische oder Leydner	395
Flaschenzug	183
Flüßigkeit	54
Flüßigkeitsmaß verschiedener Länder (Tab. V.)	
Focaldistanz	309
Focus	308
Fußmaß (Tab. I.)	74
Galvanismus	405
Gas	56
Gasometer	223
Gebläs	228
— hydrostatisches	229
Gefrierpunkt	358
Gefüge der Krystalle	124
Gefühl	295
Geographie, physische, Begriff	3
Geologie, Begriff	3
Geruch	290
Geschichte der Physik	10
Geschwindigkeit	73
Geschmack	293
Gesetz, Mariotte'sches	209
Gestalten, regelmäßige, ihre Bildung	105
Geumatik	290—293
Gewicht, absolutes	77
— relatives	77
— specifisches (Tab. VI, VII. VIII.)	80
Bestimmung	82
Glaselektricität	384
Gewicht, verschied. Länder (Tab. II u. III.)	79
Gläser, dioptrische	314
Goniometer	115
Gravimeter	92
Gravitation	64
Grundfläche der Krystalle	123
Grundkräfte	37
Haarröhrchen-Anziehung	204
Hagel	449
Halbleiter, elektrische	382
Halbschatten	304
Hare's Calorimotor	436
— Deflagrator	437
Harzelektricität	384
Härte	158

	Seite
Haspel	184
Hauptleiter, elektrischer	390
Hebel	178
Heber	235
— anatomischer	194
Hemitropien	155
Heronsball	217
Heronsbrunnen	217
Hexaeder	130
Hörrohr	287
Hohlspiegel	308
Horopter	332
Hydraulik	103 u. 198
Hydroceramen	356
Hydrodynamik	103
Hydrostatik	102 u. 189
Hyetometer	273
Hygrometer	261
Hygroskope	265
Hypothesen, ob in der Physik brauchbar	5
Imponderabilität	57
Inclinationsnadeln, magnetische	455
Incoercibilität	57
Interferenz der Lichtwellen	329
Intervall, akustisches	277
Isolation, elektrische	387
Isolatoren, elektrische	382
Kaleidoskop	307
Kälte	344
— Erzeugung	359
— durch Verdunstung	356
Kastengebläs	229
Katoptrik	103 u. 304
Keil	186
Kernschatten	304
Kessel, Papinianischer	357
Ketten, elektrochemische	427
— galvanische	412
— hydroelektrische	225
— thermoelektrische	425
Klangfiguren	280
Kochen	354
Kolben der Maschinen	226
Körper, Begriffe	35
— feste, deren Bildung	103
Kräfte, bewegende, lebende, ruhende, todte	37
Kreisbewegung	173
Kryophor	356
Krystall, Begriff	106
— Axe	121
— Basis	122
— Bildung	105
— Elektricität	425
— Flächen	113
— Gefüge	124
— Formen abgeleitete	154
— primitive	109
— Kanten und Ekken	114
— Modificationen	143
— Reihen oder Systeme	109 u. 126
— Uebergänge	148
— Unterscheidungsmerkmale	112

	Seite
Krystall-Verbindung	155
— Winkel	115
Krystallisation	106
Krystallographie	111
Kubikmaß (Tab. IV.)	
Kubus	130
Kurzsichtigkeit	334
	—
Lachtermaß (Tab. I.)	74
Ladungsflasche, elektrische	395
Lampen, Argandische	246
Landwinde	245
Lebensmagnetismus	381
Leere, Torricellische	249
Leiter, elektrische	382
Licht, direktes	301
— Brechung	310
— Geschwindigkeit	302
— Messer	342
— Polarisation	319
— Reflexion	304
— Ursprung	296
— Zerstreuung	325
Lichtenberg's Figuren	439
Literatur der Physik	29
Loupe	336
Luft	206
— Ballon	258
— Bild	309
— ihre Elasticität	209
	u. 214
— Gestalt	55
— Elektricität	445
— Kreis	240
— Pumpe	230
— Thermometer	360

	Seite
Magnet, natürlicher	450
— Eisenstein	450
— Nadeln	455
Magnetisiren des Stahls	453
Magnetismus	380
— Eigenschaften	459
— der Erde	450
— thierischer	381
Manometer	257
Mariotte's Gesetz	209
Maschinen, pneumatische	221
— zusammengesetzte	186
Materie, Begriff	35
— allgemeine und besondere Eigenschaften	43
Mechanik	102
Meniscus	314
Meridian, magnetischer	451
Metalle, ihr elektrischer Werth	408
Metallthermometer	365
Meteorologie	247
Metronome	172
Mikroskop, einfaches	336
— zusammengesetztes	337
Mineralogie, Begriff	3
Moment, statisches	179
Monaxien, krystallographische	122
Multiplicator, elektrischer	401
— elektromagnetischer	471
Myopia	334
Nachhall	287

	Seite
Nadeln, magnetische	455
Natur, Begriff	1
Naturgeschichte, Begriff	2
Naturgesetze, Begriff	37
Naturkunde, Begriff	2
Naturlehre, Begriff	1
Naturphilosophie, Begriff	3
Naturwissenschaft, Begriff	1
Nebel	57. 244 u. 264
Nichtleiter, elektrische	382
Nordlicht	457
Nordpol, magnetischer	450
Objectivglas	337
Octaeder	130
Ocularglas	338
Oefen, ihr Princip	246
Ohr	288
Ombrometer	273
Optik	103 u. 299
Oryktognosie, Begriff	3
Oscillationswinkel	171
Osmatik	289
Passatwinde	245
Pendelschwingung	169
Pentagonaldodekaeder	131
Phoronomie	102
Phosphorescenz	297
Photometer	342
Physik, Begriff	2
Eintheilung	5
Geschichte	10
Nutzen	8
Literatur	29
Physiologie, Begriff	3
Phytognosie, Begriff	3
Plagoscop	260
Planconcavglas	314
Planconvexglas	314
Planglas	314
Pneumatik	103 u. 214
Polarisation des Lichtes	319
Polarität	98
magnetische	450
Pole, galvanische	414
Polyaxien, krystallographische	122
Porosität	49
Presbyopia	334
Presse, hydrostatische	195
Principien geistige, was darunter zu verstehen	36
Prismen	140
Pselaphetik	290
Pseudokrystalle	157
Pulshammer	355
Pyramiden	134
Pyrometer	365
Rad an der Welle	183
Rauch	57
Recipient der Luftpumpe	231
Reflector, Newtonischer	342
Reflexion des Lichtes	304
Reflexionsgoniometer	117
Refraction des Lichtes	310
Regenbogen	326
Regenbogenfarben	322
Regenmesser	273
Reiber, elektrischer	389
Reibzeug, elektrisches	—
Repulsivkraft	38
Reverberen	309

	Seite
Rhomboeder	139
Rhomboidaldodekaeder	130
Rolle	183
Ruthenmaß (Tab. I.)	74
Sammlungsglas	314
Saugheber	233
Pumpe	—
Röhre	234
Säule, liegende Voltaische	433
trockne, oder Zamboniſche	415
Voltaiſche	412
zweigliedrige	422
Säulen, kryſtallographiſche	140
Schall	273
Fortpflanzung	282
Strahlen	284
Wahrnehmung	288
Wellen	284
Zurückwerfung	286
Schatten	304
gefärbte	330
Scheidung, chemiſche	59
Scheinlampen	309
Schlagſchatten	304
Schlagweite, elektriſche	392
Schmelzpunkte (Tab. XIV.)	357
Schnellwage	182
Schnitte der Kryſtalle	124
Schraube	184
Schweiggers u. Poggendorfs Condenſator	471
Schwere, Begriff	64
Schwere, eigenthümliche	80
Schwerpunkt	162
Schwingungen	276
Schwingungsbögen	274
Knoten	—
Schwungkraft	173
Secundenpendel	171
Seewinde	245
Sehwinkel	333
Seitenflächen der Kryſtalle	123
Senkwage	92
Sieden	354
Siedepunkte (Tab.XIV.)	357
Sonnenbild	301
farbiges	322
Licht	298
Spannung, elektriſche	414
Spectrum	301
farbiges	322
Sphäroeder	127 u. 129
Spiegel	306
Spiegelteleſkop	342
Sprachrohr	287
Springkraft	51
Sprödigkeit	54
Stahlmagnet	453
Starrheit	53
Statik	102
Stempel der Maſchinen	226
Stiefel der Maſchinen	225
Stoff, Begriff	35
Stoffe, wägbare u. unwägbare	101
Stoßbewegung	174
Strahlenbrechung	310
doppelte	316

Seite

Streckbarkeit 52
Substanz, Begriff 35
Südpol, magnetischer 450
Synthese, chemische 100
System, elektrisches 381

Tafelkrystalle 153
Tangentialkraft 173
Tastsinn 295
Teleskop 339
Temperamentenglas 355
Temperatur 359
Tetraeder 129
Teufelchen, Cartesianisches 208
Theile, constituirende u. integrirende 60
Theilbarkeit 58
Theilung, mechanische 59
Theorie, atomistische 41
— dynamische 38
Thermoelektricität 424
Thermohygrometer 269
Thermomagnetismus 381 u. 473
Thermometer 359
— Celsius'sches oder Centesimal 362
— Fahrenheitisches 363
— Reaumurisches 362
— Skalen Reduction (Tab. X.) 363
Termometergraph 364
Transporteur 68
Transversalmagnet 465
Trapezoeder 133
Trogapparate, Voltaische 434

Seite

Uebergänge der Krystallgestalten 148
Unbiegsamkeit 54
Undurchdringlichkeit 44
Ungewitter 446
Unwägbarkeit 57

Ventil der Maschinen 226
Veränderungsflächen der Krystalle 144
Verdampfung 57 u. 355
Verdunsten 57 u. 355
Verdunstungskälte 356
Verdunstungsmesser 271
Vergrößerungsglas 336
Verstärkungsflasche 393
Verwandtschaft, chemische 99
Verwitterung 158
Volta's Säule 412

Wage 180
— Nicholsonische 94
Wahrnehmung, Bedingnisse 35
Wanne, pneumatische 221
Wärme, Bewegung 376
— Capacität 368
— latente oder verborgene 344
— Leitung 372
— specifische (Tab. XIII.) 367
— strahlende 376
— Ursprung 344. 359 347
— Wirkung 350

	Seite
Wärme, ausdehnende (Tab. XI.)	350
Wärmestoff	344
Wasserdampf in der Luft	243
Wasserdämpfe, ihre Spannung (Tab. XII.)	237 u. 263
Wasserhammer	355
Wasserhosen	449
Wasserpresse, Brahmah's	195
Wasserpumpe	234
Weichheit	54
Weitsichtigkeit	334
Werkschuh (Tab. I.)	74
Wesen, Begriff	35
Wetterglas	254
Wetterleuchten	448
Wetterstangen	448
Wiederhall	287
Winde	184 u. 245
Windkessel	227
Winkelmesser	68
Windzeiger	260
Wirkungskreis, elektrischer	388
Wurfbewegung	166
Würfel	130
Wolken	57 u. 244
— Bildung	264
— elektrische	447
Zambonis Säule	417
Zellenapparat, Voltaischer	434
Zerlegung, chemische	59
Zerreiblichkeit	54
Zerstreuungsgläser	316
Zoognosie, Begriff	3
Zoologie, Begriff	3
Zuleiter, elektrischer	390
Zuspitzung der Krystalle	145
Zuschärfung der Krystalle	145
Zwillingskrystalle	155

Erster Abschnitt.

Einleitung.

§. 1.

Was ist Natur? Natur (φύσις) nennen wir im weitesten Verstand den Inbegriff des sinnlich Wahrnehmbaren sammt allen Eigenschaften desselben. Im engern Verstande nennt man auch nur die Eigenschaften oder Kräfte der Dinge „Natur"; so z. B. sagt man „die schöpferische Natur," wenn man die bildende Kraft des sinnlich Wahrnehmbaren versteht; „die Natur einer Sache erforschen," wenn man die Eigenschaften derselben kennen zu lernen sucht. Endlich bezeichnet man auch mit den Worten Natur und natürlich, zum Unterschiede von Kunst und künstlich, alles dasjenige, was ohne absichtliche Anwendung des Verstandes besteht oder geschieht, so z. B. sagt man, „eine Krankheit der Natur überlassen," „die Natur muß von der Arzeneikunst in Heilung der Krankheit gelenkt und unterstützt werden durch Anwendung natürlicher oder künstlicher Bäder u. s. w."

§. 2.

Was ist Naturwissenschaft? Die wissenschaftliche Untersuchung der Natur, d. h. der Eigenschaften, Veränderungen, Kräfte, Ursachen und Gesetze

der natürlichen Dinge, und das Resultat dieser Untersuchung heißt im weitesten Begriffe Naturwissenschaft, Naturlehre, Physik.

Die Erforschung der natürlichen Dinge kann aber nach verschiedenen Rücksichten auf mehrfache Weise und mehr oder weniger das Allgemeine erfassend, oder ins Einzelne gehend geschehen, daher begreift die Naturwissenschaft mehrere Lehren in sich, die wieder als einzelne Wissenschaften betrachtet und bearbeitet werden.

Beschäftiget sich nämlich die Forschung vorzugsweise mit den allgemeinen Eigenschaften des sinnlich Wahrnehmbaren, und mit den Ursachen und Gesetzen der Bewegung und Ruhe, so ist dies die Physik oder Naturlehre in der engern und gewöhnlichen Bedeutung.

Beschäftiget sich aber die Wissenschaft ohne besondere Berücksichtigung der äußern Bewegung und äußern Wirkung zunächst mit dem Wesen, d. h. mit der innern Beschaffenheit der Dinge, mit ihren Bestandtheilen, mit den Gesetzen der Trennung und Mischung dieser Bestandtheile oder Elemente, so heißt sie Chemie.

Beschäftiget sich endlich die Forschung mit den einzelnen Naturprodukten hinsichtlich ihrer Einerleiheit und Verschiedenheit, mit Untersuchungen und Vergleichungen ihrer Geschichte, ihrer in die Sinne fallenden Merkmale, ihrer verwandtschaftlichen Aehnlichkeit, mit Beschreibung und Klassifikation der Körper, indem sie die allgemeinen Gesetze der Bewegung und Ruhe, die Elemente der Körper und die Gesetze ihrer wechselseitigen Verbindungen und Trennungen als bekannt voraussetzt, dann heißt sie Naturkunde, oder Naturbeschreibung oder Naturgeschichte.

Da aber die Menge und Verschiedenheit der Dinge unaussprechlich groß ist, so zerfällt die Naturgeschichte in wenigstens vier untergeordnete Wissenschaften, nämlich

a) Mineralogie oder im engern Sinne Oryktognosie, d. h. Beschreibung und Klassifikation lebloser nicht organisch gebildeter Körper;

b) Botanik oder im engern Sinne Phytognosie, Pflanzen-Beschreibung und Klassifikation;

c) Zoologie, d. h. Thierlehre, oder im engern Sinne Zoognosie, Thier-Beschreibung und Klassifikation;

d) physische Geographie, Beschreibung und Geschichte unserer Erde mit ihren belebten und leblosen Produkten.

Als Resultat der physikalischen, chemischen und naturgeschichtlichen Untersuchungen zugleich in Verbindung mit Ideen über Entstehung, Ausbildung, Fortbestehen, Zusammenhang u. s. w. ergiebt sich

a) in Betreff der anorganischen Natur die Geologie, und

b) in Betreff der organischen Natur die Physiologie der Pflanzen und Thiere und des Menschen;

c) in Reflexion auf die gesammte Natur als ein harmonisches Ganzes endlich die Naturphilosophie.

§. 3.

Nähere Bezeichnung der Physik. Da die Physik oder Naturlehre, in der gewöhnlichen Bedeutung des Wortes, von den allgemeinen Eigenschaften und von den Ursachen und Gesetzen der Bewegung und Ruhe der Materien handelt, so ist sie nothwendig die Basis, worauf die übrigen Theile der Naturwissenschaft sich stützen müssen, denn schwerlich wird der Chemiker die Bestandtheile, und der Naturhistoriker die

äußern Merkmahle eines Körpers, der Geolog die Theorie der Ausbildung der Erde, und der Physiolog die Gesetze der Ernährung und Fortpflanzung der Gewächse und Thiere angeben können, wenn ihm die Eigenschaften, welche der Materie als solcher zukommen, die Gesetze der Bewegung derselben u. s. w. fremd sind, denn ohne Bewegung ist kein chemischer Prozeß, kein Leben denkbar.

Da sich die Größen und Effecte der Bewegungen berechnen lassen, und nur durch Rechnung genau bestimmt werden können, so ist ohne Mathematik keine gründliche Behandlung und Erweiterung der Physik möglich. Indessen giebt es eine zweifache Methode die Physik zu studiren, nämlich

1) die streng mathematische Methode, welche vom mathematischen Calkul ausgeht, und das Resultat der Rechnung durch das Experiment bestätiget; auch die Form und Kürze des Ausdrucks, wodurch sich die Mathematik auszeichnet, beibehält. Was man gewöhnlich angewandte Mathematik nennt, ist größtentheils eine solche Behandlungsweise der Physik. Dann haben wir

2) die experimentelle Methode, welche umgekehrt den Erfolg des Experiments durch den mathematischen Calkul bewahrheitet, auch im Vortrage sich nicht streng an die mathematische Form hält, und gewöhnlich Experimental-Physik genannt wird.

So wie man die angewandte Mathematik ohne alle Experimente behandeln kann, so läßt sich auch die Experimental-Physik ohne alle Rechnung vortragen, indem die Resultate der Berechnungen über die wichtigsten und nützlichsten Lehrsätze der Physik als bereits vorhanden und vollkommen erwiesen angenommen werden. Dieser letztere Weg

ist als Vorbereitung zum Studium der Chemie, Naturgeschichte, Medicin, Pharmacie und verschiedener chemischer Gewerbe hinreichend; allein nicht genügend für den Physiker als solchem und für jedem der von den Gesetzen der Physik vorzüglich Anwendung machen will. Als Vorbereitung zum Studium der Baukunst und verschiedener mechanischer Gewerbe z. B. des Maschinen Baues, der Verfertigung optischer Instrumente u. s. w. muß die Physik streng mathematisch behandelt werden.

Da übrigens das Objekt der Physik die sinnlich wahrnehmbare Natur ist, so kann sie nur auf dem Wege der Mathematik, der Beobachtungen und Versuche studirt und erweitert werden. Beobachtungen lassen sich in der Natur im Großen wie im Kleinen anstellen; zu Versuchen aber sind eigene Apparate nöthig, die man physikalische Instrumente nennt. Naturphilosophische Speculationen sind für die Physik durchaus von keinem Werthe, wenn sie sich nicht auf Erfahrung stützen. Alle Hypothesen aber aus der Physik verbannen wollen, verdient keine Billigung, denn der menschliche Geist beruhiget sich nicht mit Thatsachen allein, er will auch ihre Ursachen, ihren innern Zusammenhang, ihre Gesetze wissen; er wagt also da, wo die sinnliche Wahrnehmung ihre Grenzen hat, Hypothesen (Voraussetzungen), die er als wahr annimmt, wenn sich durch sie die Erscheinungen einfach, ungezwungen und ohne Widerspruch erklären lassen.

§. 4.

Eintheilung der Physik. Nicht nur unsere Erde, sondern die ganze sinnlich wahrnehmbare Welt ist Gegenstand der Physik; demnach läßt sich diese Wissenschaft in zwei Haupttheile bringen, nämlich

1) irdische Physik; diese handelt von den Eigenschaften und Bewegungen irdischer Stoffe;

2) Astronomie; diese beschäftiget sich mit allen erforschbaren Weltkörpern nach ihren Größen, Bewegungen und Verhältnissen zu einander.

Die irdische Physik, welche uns hier allein beschäftigen soll, und gewöhnlich auch Experimental-Physik genannt wird, wollen wir in folgende drei Theile bringen:

1) Allgemeine Eigenschaften der Stoffe;

2) Statik und Dynamik der Coërcibilen;

a) der festen Körper,

b) der tropfbarflüssigen,

c) der luft- und dampfförmigen Stoffe.

3) Statik und Dynamik der Incoërcibilen;

a) Licht,

b) Wärme,

c) Electricität,

d) Magnetismus.

Anmerkung. Verschiedene, vorzüglich ältere Physiker haben auch die Chemie in das Gebiet der Physik gezogen, was sich allerdings rechtfertigen läßt, wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, daß die chemischen Veränderungen ebenfalls durch Bewegung geschehen, und daß dieselben eben so gut nach festen Gesetzen erfolgen, und sich eben so strenge berechnen lassen, wie die mechanischen Bewegungen, wobei keine chemische Veränderung der bewegten Stoffe erfolgt; allein wenn man die Physik — was keineswegs zu tadeln wäre — als Bewegungslehre auf alle Bewegungen und ihre Erfolge ausdehnen wollte, so müßte man nothwendig auch alles, was man unter Physiologie versteht, d. h. diejenigen

Bewegungen, durch die das Leben, das Wachsthum und die Fortpflanzung der Thiere und Pflanzen vor sich gehen, mit in die Physik ziehen, was jedoch nicht gewöhnlich ist. Uebrigens läßt sich auch nicht behaupten, die Physik handle nur von den Bewegungen anorganischer Körper, denn alle Bewegungen der willkührlichen Muskeln, also das Gehen, Schwimmen, Fliegen, Tragen, Heben, Schlagen u. s. w. der Thiere, auch das Sehen, Hören ꝛc. erfolgen nach den Gesetzen der Physik, und alles dieses muß sich aus dieser Wissenschaft erklären lassen.

Nach dem also, wie die Naturwissenschaft gegenwärtig behandelt wird, zerfällt die ganze Bewegungslehre in folgende drei Lehrfächer:

1) Physik, nach dem gewöhnlichen Begriffe; diese handelt von denjenigen Bewegungen, wobei die bewegten Stoffe in ihrem Wesen, in ihrer innern Beschaffenheit unverändert bleiben;

2) Chemie, diese handelt von denjenigen Bewegungen, wobei die bewegten Stoffe in ihrem Wesen verändert werden, ohne jedoch organische Ernährung und Fortpflanzung zu zeigen;

3) Physiologie, diese handelt von denjenigen Bewegungen, wodurch die bewegten Stoffe organisches Leben erhalten, d. h. sich ernähren und fortpflanzen.

Erläuterung. Ein Beispiel wird dies erläutern. Nehme ich ein Stückchen Brod und zerschneide es mit dem Messer, so ist dies eine physische Bewegung, denn das Brod sowohl als auch das Messer bleibt dabei in seinem Wesen unverändert. Lege ich aber das zerschnittene Brod in Wasser und setze es so der warmen Luft aus, so erfolgt eine ganz eigene

Bewegung, das Brod und die umgebende Luft werden in ihrem Wesen verändert, es tritt Gährung ein, es verwandelt sich das Brod in eine saure Masse, und dies ist der Erfolg einer chemischen Bewegung. Ueberlasse ich endlich diese saure Masse dem fortgesetzten Einfluß der warmen feuchten Luft, so werde ich sehen, daß sie sich nach und nach mit Schimmel bedeckt, welcher unter dem Vergrößerungsglase als ein Gehäufe von kleinen Schwämmen erscheint, wächst und Samen trägt, mithin organisch lebt; und dies ist eine physiologische Bewegung.

§. 5.

Nutzen. Es ist fast überflüssig vom Nutzen der Physik zu sprechen, denn Jedermann sieht von selbst ein, daß sich der Mensch um so mehr über die Thierheit erhebt und der Gottheit sich nähert, jemehr er Einsicht gewinnt in die Natur der Dinge. Die Physik ist also schon an sich, und ohne Rücksicht auf irgend eine Anwendung des praktischen Lebens ein unschätzbares Gut, welches den Menschen adelt. Je mehr wir Einsicht gewinnen in die Ursachen und Gesetze der Bewegungen, desto mehr werden wir im Stande seyn, diese Gesetze zu benützen, und die Bewegungskräfte und die Bewegungen selbst nach Belieben zu modificiren und unserm Vortheile zuzuwenden; kurz die Physik lehrt uns die Natur beherrschen.

Wie hoch steht nicht die Astronomie, welchen Einfluß hat sie nicht auf die Schifffahrt u. s. w. seitdem sie die Bewegungen der Welten zu messen, zu berechnen und ihre Verhältnisse zu unserer Erde genau vorauszusagen gelehrt hat? Was verdankt nicht die Chemie der Bewe-

gungslehre? Nur dadurch, daß sie die Gesetze der Cohäsionskraft der Körper kennt, ist sie im Stande die Wirkungen der chemischen Verwandtschaftskräfte zu bestimmen; denn alle chemischen Processe sind doch immer mehr oder weniger das Resultat des Kampfes zwischen Cohäsionskraft und chemischer Affinität. Durch die Untersuchungen und Entdeckungen über die Cohäsionskraft und Expansivkraft der Materie in ihren verschiedenen Aggregatzuständen über die Gesetze der Bewegung und Kräfte der Dämpfe und Gase, des Lichtes, der Wärme und der Elektricität u. s. w. hat die Physik der neuern Chemie erst einen festen Grund gelegt. Eben so verdankt die Mineralogie ihre Sicherheit in der Bestimmung der Mineralien nach äußern Merkmalen hauptsächlich demjenigen Theile der Physik, welcher von den Gesetzen der Cohäsionskraft bei Bildung fester Körper handelt, nämlich der Lehre von der Krystallisation. Auch der geognostische Theil der Mineralogie stützt sich großentheils auf die Lehre von der Schwerkraft, dem Drucke, von der mechanischen Wirkung des bewegten Wassers auf Gebirgsmassen, kurz auf Physik. Die Physiologie würde ohne Physik nie im Stande gewesen seyn, den Kreislauf, das Hören, das Sehen, die Bewegungen der Gliedmaßen und ihrer mechanischen Wirkungen befriedigend zu erklären. Was die verschiedenen angewandten Wissenschaften, Künste und Gewerbe, die Medicin, Chirurgie und Pharmacie, die Musik, Mahlerei und Baukunst, die mechanischen Gewerbe, welche durch Mühlen und Maschinen betrieben werden, die Oekonomie, die Kriegskunst u. s. w. der Physik Großes zu verdanken haben, ist so allgemein bekannt, daß es überflüssig wäre, darüber noch mehr zu sagen.

§. 6.

Geschichte der Physik. Unstreitig gehört die Physik zu denjenigen Wissenschaften, wovon die ersten Spuren in der ältesten Geschichte des Menschengeschlechts zu suchen sind; denn es gehört sehr wenig Entwicklung des Verstandes dazu, um zum Beobachten und Nachdenken gereizt zu werden, über die Bewegungen und wechselseitigen Verhältnisse der Gestirne, über die Ursachen und Gesetze des Lichtes und der Wärme, des Hörens und Sehens, des Fliegens und Schwimmens, über die Wirkungen und Gesetze des Hebens, Stoßens, Fallens u. s. w., ferner über die Anwendungen dieser Gesetze und Wirkungen auf die Befriedigung der nöthigsten Bedürfnisse z. B. auf Feldbau, Baukunst, Schifffahrt ꝛc.; allein die Geschichte der ersten Beobachtungen, Erfindungen, Entdeckungen und Theorien in der Physik ist leider für uns verloren gegangen. Wir wissen nur aus den Ueberlieferungen der ältesten Völker, z. B. aus der Bibel, daß man es schon viele Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung in manchen mechanischen Künsten zu einer bedeutenden Ausbildung gebracht hatte, wovon uns unter andern die Arche Noahs, der Babylonische Thurmbau, der Tempel zu Jerusalem, die hohen Mauern der Städte in Canaan u. s. w. zum Beweise dienen, und man kann füglich annehmen, daß man schon damals über die Principien der mechanischen, hydraulischen ꝛc. Maschinen, wovon man Gebrauch machte, z. B. über den Hebel, den Wagen, das Wasserrad u. s. w., nachgedacht haben wird. Uebrigens sind bei den Alten vorzüglich die Aegyptier, Babylonier, Chaldäer und Phönicier wegen ihrer astronomischen und mechanischen Einsichten berühmt gewesen.

Bestimmter entwickelt sich die Geschichte der Physik erst bei den alten Griechen; allein auch da finden wir weniger

gründliche Versuche und Beobachtungen, als vielmehr naturphilosophische Theorien ohne feste Basis, denn bei den Griechen war die Physik innigst mit der speculativen Philosophie verwebt. Es wäre unnütz, hier die naturphilosophischen Systeme des Thales, Anaximander, Anaximenes, Anaxagoras, Pythagoras, Empedokles, Xenophanes, Heraklitus, Plato, Aristoteles, Leucippus, Demokritus u. s. w. anzuführen. Nur so viel verdient erwähnt zu werden, daß sich Pythagoras, welcher ungefähr 400 bis 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung gelebt, unter andern um die Akustik verdient gemacht hat, indem er die Musik auf mathematische Grundsätze und Verhältnisse zurückführte: er soll der erste Erfinder einer musikalischen Tonleiter gewesen seyn; — daß sich auch Euklides, dieser Vater der Mathematik, der 300 Jahre vor Christi Geburt gelebt, mit physikalischen Untersuchungen über die Musik beschäftiget, und darüber ein eigenes Werk geschrieben hat; — daß dem Anaximander von mehrern glaubwürdigen Schriftstellern des Alterthums die Erfindung der Sonnenuhren zugeschrieben wird; daß Archimedes, der berühmteste unter den alten Geometern, geboren gegen das Jahr 287 vor Christi Geburt, der einzige unter den Alten, der uns etwas Genügendes über die Theorie der Mechanik und über die Hydrostatik hinterlassen hat, zuerst den Satz gelehrt: „daß ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper so viel an seinem Gewichte verliert, als die Schwere eines gleichen Volumens der Flüssigkeit beträgt," worauf er durch eine Beobachtung an seinem eigenen Körper im Bade geleitet worden ist; — ferner daß eben dieser unsterbliche Mathematiker auch den Flaschenzug, die Schraube ohne Ende und mehrere andere sinnreiche Maschinen erfunden hat.

Bei den Römern finden wir noch weniger ächte Physiker als bei den Griechen; was Plinius für unsere Wissenschaft geleistet, verdient kaum einer Erwähnung; seine Verdienste sind nur vorzüglich in naturhistorischer Hinsicht groß. Erwähnen müssen wir hier des berühmtesten Mathematikers, Geographen und Astronomen des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung; es ist dies Claudius Ptolomäus aus Alexandria, der Schöpfer des nach ihm benannten Weltsystems.

Als während des fünften Jahrhunderts nach Chr. Geb. das römische Reich durch barbarische Völker zerstört worden, und die Wissenschaften gänzlich in Verfall gekommen waren, scheint das Studium der Physik lange Zeit hindurch nur bei den Arabern einigermaßen betrieben worden zu seyn; allein die arabischen Gelehrten hiengen mit blinder Anhänglichkeit an den Lehren der alten griechischen Philosophen, und sind darüber hinaus nicht viel weiter gekommen.

Auch in den nachfolgenden Klosterschulen, welche Karl der Große im achten Jahrhundert zu errichten anfieng, und die sich nach und nach in mehrern Ländern Europas ausbreiteten und sehr erweiterten, wurde die Physik zwar mitunter gelehrt, nichts destoweniger aber gefördert; denn jene sogenannte Physik der scholastischen Philosophie, welche im 11ten Jahrhundert die herrschende wurde, war nichts anders als ein Gewebe von Spitzfündigkeiten, ohne Beobachtungen, ohne Versuche, ohne System; überall hemmten die „Qualitates ocultae“ den forschenden Blick.

Im zwölften Jahrhunderte erwachte zwar mit der Errichtung der ersten Universität (zu Paris) ein besserer wissenschaftlicher Geist, allein die noch herrschende Unwissenheit und der Aberglaube verfinsterten und unterdrückten noch immer jedes wissenschaftliche Licht. Roger Baco, ein

englischer Mönch des 13. Jahrhunderts, war eines jener seltenen Lichter. Man kann ihn gewissermußen als den Gründer der Experimental-Physik ansehen. Durch seine Versuche machte Baco mehrere wichtige Erfindungen; allein sie wurden als Werke einer teuflischen Zauberkunst verdammt; man verbot ihm das Lehramt und warf ihn ins Gefängniß, weil man ihn eines Bündnisses mit dem Teufel verdächtig hielt. Dies, die Tortur und der Scheiterhaufe war damahls der Lohn des erfolgreichen Nachdenkens und Experimentirens! Eine Haupterfindung Baco's sind die Vergrößerungsgläser. In seinen Schriften finden sich übrigens mehrere neue und sinnreiche Ansichten von der Optik, z. B. von der Strahlenbrechung.

Was Roger Baco in England, das war Albert von Bollstädt (bekannt unter dem Namen Albertus magnus) in Teutschland. Er lebte gleichfalls im 13ten Jahrhundert und übertraf eben so sein Zeitalter weit hinsichtlich seiner Kenntnisse in der Physik, Chemie und Naturgeschichte. Im Jahre 1260 wurde er Bischoff zu Regensburg, gieng aber bald darauf wieder nach Köln in sein Kloster zurück, und lebte dort den Wissenschaften. Auch er wurde von seinen Zeitgenossen für einen Zauberer gehalten.

Diesen seltenen Forschern folgten im 14ten Jahrhunderte bald mehrere, welche sich mit physikalischen Forschungen beschäftigten, daher fallen in jenes Zeitalter bereits einige wichtige Erfindungen, z. B. die Erfindung der Brillen von Alexander de Spina, jene des Compasses *) von Flavio Gioga u. s. w.

---

*) Diese Erfindung ist eigentlich eine Wiedererfindung, denn die Chinesen sollen die Magnetnadel schon 1100 Jahr vor Christi Geb. gekannt haben.

Aber erst im 15ten Jahrhunderte fiengen die mathematischen, die astronomischen und Natur-Wissenschaften an, sich mit Kraft zu entwickeln. Wir wollen nur einen Nicolaus Copernicus nennen; er wurde 1473 zu Thorn in Preußen geboren, und studirte anfangs Philosophie und Medicin, widmete sich aber nachher ganz dem Studium der Mathematik und Astronomie. Durch vielfache Beobachtungen und scharfsinnige Combinationen lernte er das Unhaltbare der ptolomäischen Weltordnung einsehen, und setzte an deren Stelle ein neues System, dessen Richtigkeit sich durch alle spätern Entdeckungen und Beobachtungen immer mehr bestätiget hat. Copernicus lehrte nämlich, daß die Sonne im Mittelpunkte unsers Planetensystems sich befinde, und daß die Planeten, nämlich der Mercur, die Venus, die Erde, der Mars, Jupiter und Saturn (die übrigen fünf, nämlich Uranus, Ceres, Pallas, Juno und Vesta waren damals noch nicht bekannt) sich in verschiedenen Zeiträumen um sie bewegen u. s. w.

Noch reicher an großen Physikern und wichtigen Entdeckungen und Erfindungen war das 16te Jahrhundert, obgleich die Wissenschaften noch immer durch Aberglaube und Vorurtheile hart darniedergedrückt wurden. Dieses finden wir in der Geschichte mehrerer verdienstvoller Naturforscher jener Zeit; wir brauchen nur an den größten Physiker desselben Jahrhunderts in dieser Rücksicht zu erinnern. Galileo Galilei, geboren 1564 zu Pisa (gest. 1642), hatte sich in seinem Werke über die Sonnenflecken für die Copernicanische Weltordnung erklärt; er wurde deshalb verketzert und vor das Inquisitionsgericht in Rom gestellt, und mußte diese Lehre abschwören, und da er dessenungeachtet von der Wahrheit derselben durchdrungen blieb, so wurde er zu dreijähriger Kirchenbuße verurtheilt. Uebrigens bleibt Gal-

lilei unsterblich, durch die von ihm aufgefundenen Gesetze der Bewegung, der Schwere und der Pendelschwingungen worauf er zuerst durch zufällige Beobachtung der Schwingungen einiger von dem Gewölb einer Kirche herabhängender Lampen geleitet wurde; ferner durch seine Erfindung der hydrostatischen Wage, des Proportionszirkels, des Mikroscops, durch seine Verbesserung des Fernrohrs, so wie auch durch seine astronomischen Entdeckungen, wodurch er dem Copernicanischen Systeme einen vollkommenen Sieg errang.

Gleichzeitig mit Galilei lebte in Teutschland Johann Kepler; er war 1571 zu Weil im Würtembergischen geboren und studirte in Tübingen. Auch bei ihm erwachte frühzeitig die Neigung zur Mathematik und Astronomie. Er beschäftigte sich vorzüglich mit Untersuchungen der physikalischen Gründe der Bewegung der Weltkörper, und ahnete bereits die Gesetze der Gravitation, welche Newton in der Folge so geistreich entwickelte. Auch begründete er die Theorie der Refraction. Seine astronomischen Entdeckungen haben seinen Namen in der Geschichte der Physik verewiget. Kepler starb zu Regensburg im Jahr 1630.

Die physikalischen Erfindungen gewannen nun allmählig einen vortheilhaften Einfluß auf das praktische Leben; so z. B. wurden jetzt die schon früher in Italien bekannten Taschenuhren immer allgemeiner; Guter in Nürnberg erfand die Windbüchsen, Lascher in Salzburg den Wassergöpel u. s. w.

Doch nicht nur diese praktischen Fortschritte, welche in verschiedenen Theilen der Physik, vorzüglich in der Mechanik, Optik und Astronomie von Zeit zu Zeit gemacht wurden, sondern auch ganz besonders die Einführung einer bessern Methode in dem Studium der Naturwissenschaft, und

stet haben, wenn er nicht zu sehr in andere oft ganz entgegengesetzte Geschäfte verwickelt worden wäre.

Gleichzeitig lebten noch mehrere andere Physiker, welche die Wissenschaft ebenfalls auf dem Wege der Erfahrung mehr oder weniger gefördert haben, z. B. Rheita, Cassini, Grimaldi, Richter, Mariotte, v. Tschirnhausen, Pascal, Baliani, Borelli u. m. A.

Aber auch die speculative Seite der Naturwissenschaft blieb nicht unbeachtet, ja es schien sogar Gefahr zu drohen, daß die Physik neuerdings auf jene alten Abwege gerathen sollte, auf welchen sie sich schon bei den griechischen Philosophen verirrt hatte. Die Aristotelische Philosophie hatte nämlich nach und nach so ziemlich das Ansehen verloren, in welchem sie früher gestanden hatte, als René Descartes (Renatus Cartesius) der speculativen Philosophie eine völlige Reform gab, und so die Liebe zu speculativen Untersuchungen neuerdings weckte. Es bildete sich eine neue Naturphilosophie, welche zwar den Versuchen und Beobachtungen nicht feind, allein dessen ungeachtet immer mehr oder weniger geneigt war von Ideen ausgehend die Natur construiren zu wollen, und die Erfahrung nur dazu zu gebrauchen um die Unfehlbarkeit der Vernunft-Anschauung nachzuweisen, statt umgekehrt von Versuchen und Beobachtungen auszugehen und bis zu Ideen empor zu steigen. Zum Glück war aber Descartes (geb. 1596, gest. 1650) selbst ein zu fester Mathematiker und ein zu großer Freund der Experimental-Naturlehre, als daß er sich von seiner lebhaften Phantasie hätte zu weit führen lassen: Seine Theorie von der Bildung der Körper aus einer dreifachen Art von Materie, und der Bewegung der Himmelskörper durch Wirbel u. s. w., hat daher ohne Zweifel in seinen Augen weit weniger Werth gehabt, als einige seiner Nachbeter hineinzu-

legen geneigt waren. Descartes hat daher auch in der Erfahrungs-Naturlehre wesentliche Verdienste; er erweiterte die Optik durch das richtige Gesetz der Strahlenbrechung, und die Astronomie durch die Zerlegung der zusammengesetzten Bewegungskräfte in die einfache Centripetal- und Centrifugal-Kraft.

Dasselbe gilt auch von Peter Gassendi Prof. der Mathematik in Paris (geb. 1592, gest. 1655). Auch dieser große Philosoph, und vorzüglichste Gegner der cartesianischen Philosophie, obgleich er vorzüglich im Geiste Demokrits und Epikurs die theoretische Physik bearbeitete, und die Lehre von den Atomen und dem leeren Raume dieser griechischen Philosophen erneuerte, ist nicht ganz ohne Verdienst für die Erfahrungs-Naturlehre besonders die Astronomie.

Doch, wenn auch die Naturwissenschaft hin und wieder in Gefahr zu stehen schien, durch überspannte Köpfe auf Abwege geführt zu werden, so war diese Gefahr eigentlich in keiner Zeit geringer als eben im 17ten Jahrhunderte, das den größten Physiker, der je gelebt, erzeugt hatte. Es war dieß der unsterbliche Isaak Newton (geb. 1642 zu Walstrope in England; gest. 1727). Dieser seltene Geist arbeitete mit Kraft und mit dem glücklichsten Erfolge jener Ausartung der Naturwissenschaft entgegen, welche ihr durch eine zu ungezügelte Phantasie leicht hätte zugezogen werden können. Newton lehrte praktisch, wie die Natur studiert werden müsse; er gieng bei allen seinen Forschungen immer von Versuchen, Beobachtungen und Berechnungen aus, um auf höhere Schlüsse zu gelangen; und drang so mit philosophischer und mathematischer Strenge in die innersten Gesetze der Natur ein und entwickelte sie in seinem Werke (Philosophiae naturalis principia mathematica) in einer Kürze und Gedrängtheit, daß selbst die geübtesten Mathe-

matiker und Physiker Mühe hatten sie zu studieren, und von Bewunderung hingerissen wurden. Das Gesetz der Gravitation zwischen den Weltkörpern, welches zwar schon Kepler geahnet hatte, wurde zuerst von Newton mit Bestimmtheit ausgesprochen. Durch Versuche mit dem Prisma und mit andern durchsichtigen Körpern wurde er auf die Entdeckung der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstralen und auf seine Theorie des Lichts und der Farben geleitet. Auch eine genaue Theorie der Ebbe und Fluth wurde zuerst von diesem großen Physiker entworfen, eine Theorie, welche in der Folge durch Maclaurin, Bernoulli, Lalande und Laplace noch weiter ausgeführt und erweitert wurde.

Es würde uns hier zu weit führen, wenn wir alle die großen Verdienste erörtern wollten, durch welche sich Newton in den verschiedenen Theilen der Physik, namentlich auch in der Astronomie einen unsterblichen Ruhm erworben hat. Man darf sagen mit Newton beginnt das goldne Zeitalter der Physik; alle die nachfolgenden großen Physiker bis auf unsere Zeit, ein Gravesande, Christ. Wolf, Cavendish, Priestley, Wilke, Franklin, Tob. Mayer, Lichtenberg, Coulomb, Herschel, Euler, Lalande, Pictet, de Luc, Laplace, Biot, Arrago, Playfoir, J. Tob. Mayer, Brandes, Malus, Bowditch, Brewster u. s. w. haben auf Newtons Philosophia naturalis fortgebauet und die Wissenschaft in demselben Geiste gefördert.

Wir können dieses in der Geschichte der Wissenschaften überhaupt so höchst wichtige siebenzehnte Jahrhundert nicht verlassen, ohne noch die Bemerkung beizufügen, daß eben in dieses Zeitalter das erste Aufblühen der naturforschenden Gesellschaften, z. B. die Gesellschaft der Wissenschaften in

London, die Academia Naturae Curiosorum in Teutschland u. s. w. fällt; auch daß in eben diesem 17ten Jahrhundert die ersten systematischen Lehrbücher der Physik erschienen sind; dahin rechnen wir Sennerti Philosophia naturalis (Witeb. 1618.) und dessen Epitome naturalis scientiae (Amst. 1651.); J. Claubergii Physica (Amst. 1664.); Rohault Traité de physique und Newtons oben gedachtes Werk (Lond. 1687.).

Die Bahn war nun gebrochen, und das achtzehnte Jahrhundert schritt auf derselben mit verdoppelten aber doch festen Schritten fort. Alle Theile der Physik wurden vielseitig und mit bewunderungswürdiger Sorgfalt bearbeitet. Es waren jetzt nicht mehr einzelne seltene Männer, welche sich um die Erweiterung der Wissenschaft verdient machten; nein, das Studium der Natur wurde jetzt unter den Gebildeten aus allen Fächern gewissermaßen zum Lieblingsgegenstand, zur Mode. Vorzüglich waren es jetzt die Mechanik, Pneumatik und Elektricität, die sich der größten Erweiterungen zu erfreuen hatten.

In der Mechanik hat sich der menschliche Scharfsinn in der That die Krone aufgesetzt. Nicht nur die Theorie derselben wurde, nachdem, was bereits Galilei, Torricelli, Huygens, Newton u. A. schon früher geleistet hatten, nunmehr von Hermann, Euler, D'Alembert, Lambert, Käſtner u. s. w. aufs Höchste gesteigert, sondern auch die Anwendung derselben im Maschinenbau so weit getrieben, daß man mit Recht behaupten darf, kein anderer Theil der Physik habe der menschlichen Gesellschaft größern Nutzen gebracht als die Mechanik. Unter andern waren es nun auch die Dampfmaschinen, welche den Scharfsinn der größten Physiker beschäftigten. Schon der Marquis von Worchester hat um die Mitte des 17ten

Jahrhunderts den Gedanken gehabt, Maschinen mittelst der Kraft der Wasserdämpfe in Bewegung zu setzen, und Savery brachte zuerst ums Jahr 1699 eine solche Maschine zu Stande. Gleich im ersten Viertel des 18ten Jahrhunderts erfanden auch Newcomen und Cawley mit Beihülfe Potters diejenige verbesserte Dampf-Maschine, welche unter dem Namen Pottersche bekannt ist. James Watt zu Glasgow verbesserte sie 1764 so wesentlich, daß sie nachher unter dem Namen Watt'sche Dampfmaschine berühmt wurde. Auch Boulton hat sich 1774 in dieser Hinsicht verdient gemacht. In der neuesten Zeit geschahen erst die verschiedensten Verbesserungen und Anwendungen dieser Maschine.

Die Aerostatik und Aerometrie, oder die Lehren von dem Gleichgewichte und der Bewegung, Schwere und Dichtigkeit luftförmiger Flüssigkeiten gehören gleichfalls zu denjenigen Theilen der Physik, welche vor dem 18ten Jahrhundert wenig bekannt waren Priestley, Cavendish, Lavoisier, Blanchard, Montgolfier ꝛc. haben sich in dieser Hinsicht vorzüglich berühmt gemacht. Besondere Erwähnung verdient die Aeronautik. Schon der berühmte Englische Physiker Cavallo ließ 1781 mit Wasserstoffgas gefüllte Seifenblasen in der Luft emporsteigen, um das geringere specifische Gewicht dieser Gasart zu zeigen. Die Gebrüder Montgolfier, Besitzer einer Papierfabrik zu Arronay in Frankreich, wurden durch Versuche, künstliche Wolken zu machen, auf die Erfindung der Luftbälle geleitet. 1783 ließen sie den ersten Luftballon, gefüllt mit erhitztem Gase durchs Verbrennen von Wolle und Stroh erzeugt, aufsteigen. Den ersten Aerostaten aus gefirnißtem Taffet mit Wasserstoffgas gefüllt, ließ noch in demselben Jahre Prof. Charles in Paris steigen. Pilatre

de Rozier war der erste Aeronaut, der am 21. Nov. 1783 zu Paris mit einem Montgolfier'schen Ballone in die Höhe stieg. Er ward aber auch am 7. Januar 1785 in Gesellschaft Romains das erste Opfer dieser wiederholten kühnen Unternehmung; indem der Ballon in den höhern Regionen der Atmosphäre durch ein angebrachtes Kohlenfeuer sich entflammte, und so verursachte, daß die Unglücklichen aus einer großen Höhe auf die Erde herunterstürzten.

Die Elektricität gehört gleichfalls zu denjenigen physikalischen Gegenständen, welche im 18ten Jahrhunderte durch den vereinten Eifer so vieler Naturforscher erst recht bearbeitet und gefördert worden sind. Denn obgleich schon vor mehr als 2000 Jahren elektrische Erscheinungen wahrgenommen worden waren und obgleich schon Otto von Guericke im 17ten Jahrhunderte eine Art Elektrisirmaschine hatte, und Boyle und Newton gleichfalls mit elektrischen Versuchen beschäftiget waren, so scheint doch erst Dr. Wall im Jahre 1708 den ersten elektrischen Funken, künstlich erzeugt, gesehen zu haben. Hawkesbee, Stephan Gray, du Fay, Desaguliers hatten in der ersten Hälfte des 18ten Jahrhunderts die meisten und lehrreichsten elektrischen Versuche angestellt, den Elektrisir-Apparat bereichert, und elektrische Gesetze aufgefunden. Hausen, Bose, Winkler, Gordon, Planta, Ingenhouß, Cavallo u. A. änderten die Elektrisirmaschine verschiedenartig ab, und brachten wesentliche Verbesserungen dabei an. Vorzüglich bemerkenswerth ist die Erfindung der Verstärkungsflaschen und elektrischen Batterien durch Hrn. v. Kleist zu Camin in Preußen 1745, wodurch erst möglich ward, die elektrischen Erscheinungen und Gesetze genauer kennen zu lernen. Uebrigens hat sich um diesen Gegenstand ganz besonders verdient gemacht Benjamin Franklin, dieser

in der Geschichte der nordamerikanischen Staaten und in der Physik gleich berühmte Mann, indem er 1747—1754 den Blitz als elektrische Erscheinung erkannte, und nach dieser Theorie den Blitzableiter erfand. Uebrigens verdienen hier noch besonders genannt zu werden Ludolf, Graloth, Grummert, Waitz, Miles, Watson, Canton, Musschenbroek, Symmer, Ingenhouß, Cavallo, Beccaria, Wilke, Volta u. A. als solche, die unsere elektrischen Kenntnisse ganz vorzüglich bereichert haben.

Diejenige Modification der elektrischen Erscheinungen, welche wir Galvanismus nennen, wurde 1791 von Galvani in Bologna entdeckt. Alexander Volta, Prof. der Physik in Pavia, erfand 1800 seine galvanische Batterie, welche unter dem Namen Voltai'sche Säule bekannt ist.

Es würde uns hier viel zu weit führen, wenn wir alle berühmten Physiker des 18ten Jahrhunderts mit allen ihren Erfindungen, Entdeckungen, Verbesserungen, Theorien, Schriften, Zeichnungen, Modellen u. s. w. nennen wollten. Die große Zahl derselben läßt sich schätzen, wenn wir nur diejenigen nennen, welche Lehr- und Wörterbücher der Physik herausgegeben haben. Unter diesen verdienen nämlich vorzüglich genannt zu werden Gravesande, v. Musschenbroek, Nollet, Segner, Krafft, Eberhard, Winkler, Mako, Biwald, Mangold, Scherffer, Erxleben, Lichtenberg, Hamberger, Ebert, Gabler, Karsten, Kratzenstein, Schurer, van Swinden, Herz, Nicholson, Hobert, Achard, Klügel, Hube, Imhoff, Hauch, Yelin, Gren, Wrede, Cavallo, Hauy, Schrader, Joh. Tobias Mayer, Gehler und Fischer.

Unter den vorzüglichsten Beförderungsmitteln der Wissenschaft verdienen auch vorzugsweise die physikalischen Zeit-

schriften genannt zu werden, welche Rozier in Frankreich, und Lichtenberg, Gren und Gilbert in Teutschland herauszugeben unternahmen.

Unser (19tes) Jahrhundert bietet eine schöne und rühmliche Fortsetzung dessen dar, was früher begonnen hatte. Die Zahl verdienstvoller Physiker, die Menge wichtiger Entdeckungen und Erfindungen hat eher zu als abgenommen. Gleich zu Anfange des Jahrhunderts waren es vorzüglich Elektricität und Galvanismus, welche die Physiker am meisten beschäftigten. Volta fuhr noch immer fort diesen Zweig der Physik zu bereichern. Außerdem machten sich noch andere italienische Physiker, z. B. Aldini, Zamboni u. s. w., um diesen Gegenstand verdient. In Frankreich und Holland beschäftigten sich damit vorzüglich Biot, Gay-Lussac, de Luc, van Marum, Theod. v. Saussure; in England Allen und Pepys, Bostock, Cuthbertson, Davy, Nicholson, Wollaston: und in Teutschland unter mehrern Andern besonders v. Arnim, Böckmann, Bohnenberger, Bremser, Erman, Erdmann, Grotthuß, Jäger, Lüdicke, Marechaux, Munke, Pfaff, Reinhold, Ritter, Schweigger, Simon, J. Weber.

Auch die magnetischen Erscheinungen wurden fleißig beobachtet und auf bestimmtere Gesetze zurück geführt, besonders durch Coulomb, Desormes, Hachette, Childern, Playfair, Morichini, Cassini, Zamboni, v. Arnim, Erman, Hansteen, Mollweide, Steinhäuser, Wilke u. s. w.

In der neuesten Zeit machte der Copenhagner Physiker Oersted in dieser Hinsicht die wichtigste Entdeckung, indem er durch Versuche zeigte, daß durch Elektricität magnetische Erscheinungen bewirkt werden können, und somit

die schon früher geahnete Identität des elektrischen und magnetischen Prinzips kaum mehr zu bezweifeln sey. Gilbert, Erman, Prechtel, Schweigger, Ampére, Arrago, Biot, de la Rire, Berzelius, v. Yelin u. m. A. haben diesen höchst wichtigen Gegenstand durch viele Versuche, durch neue Entdeckungen und Theorien weiter aufgeklärt.

In der Geschichte der Naturwissenschaft zeichnet sich unser Jahrhundert überhaupt ganz vorzüglich dadurch aus, daß die Untersuchungen ins Feinste, Inpalpabelste, ja bis zum Immateriellen gehen, daher auch nebst Elektricität, Galvanismus und Magnetismus, besonders Licht und Wärme, die Forscher jetzt ganz vorzugsweise beschäftigen. Hinsichtlich der Theorie des Lichtes und der Farben haben besonders Thomas Young, Herschel und Göthe wichtige Untersuchungen angestellt. Durch die Entdeckung der Gesetze der Polarisation des Lichtes hat sich Malus einen unsterblichen Namen erworben. Arrago, Biot, Brewster, Fresnel, Seebeck haben diesen Gegenstand gleichfalls mit glücklichem Erfolge bearbeitet. In der neuern Geschichte der Untersuchungen über Licht und optische Erscheinungen haben sich übrigens noch mehrere andere Physiker ausgezeichnet, z. B. Berard, Frauenhofer, Gay-Lussac, Lüdicke, La Place, Parrot, Venturi, Wollaston u. s. w. Hinsichtlich der Untersuchungen über Theorie und Gesetze der Wärme reihen sich an diese berühmten Namen noch mehrere andere an, z. B. Benzenberg, Clement und Desormes, Dulong, Fourier, Petit, Graf Rumford, de la Roche. Indem wir Benzenberg, Arrago, Biot, Gay-Lussac, Wollaston ꝛc. nennen, dürfen wir auch ihre anderweitigen großen und vielseitigen Verdienste um die Optik, Astronomie, Me-

teorologie, Akustik, Aerostatik, Pneumatik, Hydrostatik, Hydraulik u. s. w. nicht mit Stillschweigen übergehen. Was übrigens Optik, Astronomie, Meteorologie, Phosphorescenz ꝛc. betrifft, so nennt die neuere Physik noch viele andere verdienstvolle Männer, welche diese Zweige fleißig und mit Erfolg bearbeitet haben, z. B. La Place, Delambre, de Luc, Deßaignes, Leslie, Pictet, Beccaria, John Murray, Nicholson, Henry, Howard, Jordan, Böckmann, Bodde, Brandes, Chladni, Fischer, Hällström, Placidus Heinrich, Herschel, v. Humboldt, Olbers, Parrot, Sacharow, Schröter, Soldner, Vieth, Wrede, Freyherr v. Zach u. s. w.

Die neuere Geschichte der Akustik nennt außer den bereits gedachten (Biot, Deformes, Malus, La Place, Benzenberg, Brandes, Munke, Prechtel, Vieth, Wrede) noch ganz besonders Bourard, Chladni, Cooper, La Grange, Hassenfratz und Home, als ausgezeichnete Physiker, die diesen Zweig durch Versuche und Entdeckungen bereichert haben.

Auch die Aerostatik und Aerometrie, welche gegen Ende des vorigen Jahrhunderts mit besonderm Fleiße zu bearbeiten angefangen worden waren, blieben noch immer Gegenstände erfolgreicher Versuche. John Dalton in England erwarb sich durch seine zahlreichen Versuche über die physischen Eigenschaften gas- und dampfförmiger Flüßigkeiten und durch seine aufgefundenen aerometrischen und aerostatischen Gesetze einen unsterblichen Ruhm. Auch aeronautische Versuche in Verbindung mit meteorologischen Beobachtungen wurden von Zeit zu Zeit angestellt von Biot, Gay-Lussac, Garnerin, Reichard, Robertson, Graf Zambeccari. Letzterer hat seinen Namen als Märtyrer

der Aeronautik in der Geschichte der Physik verewiget. Er wagte nämlich in den Jahren 1803 und 1804 von Bologna aus zwei Luftfahrten in der Absicht die Anwendung seiner Ideen über die willkührliche Lenkung des Luftballons zu versuchen, und beide Versuche hatten für ihn einen sehr traurigen Ausgang, denn jedesmal wurde er mit seinem Aerostaten ins Meer verschlagen, wo er bis über den halben Leib in Wasser untergetaucht, ganz von Kälte erstarrt, mehrere Stunden lang mit dem Tode kämpfte, bis er endlich von Schiffern gerettet werden konnte. Aber nicht genug, daß Graf Zambeccari in äußerster Gefahr schwebte von den Wellen verschlungen zu werden, er wäre bei seinem letztern Versuche auch beinahe ein Raub der Flammen geworden, denn da er mit dem Ballone, welcher mit Wasserstoffgas gefüllt war, noch eine Montgolfiére verbunden hatte, deren Luft mit brennendem Weingeist erhitzt und verdünnt war, so fügte es das Schicksal, daß Zambeccari, bevor er in die Wassergefahr kam, zufällig von der Weingeistflamme überschüttet wurde, und so in äußerster Gefahr schwebte, entweder ein Raub der Flammen zu werden, oder, wenn das Feuer den Ballon ergriffen haben würde, durch eine Explosion des Wasserstoffgases aus einer ungeheuren Höhe tod auf die Erde niederzustürzen; ein Unglück, das schon Rozier betroffen hatte. Unter solchen Umständen mußte Graf Zambeccari es sich noch zum Glücke rechnen, daß er mit Verstümmelung einiger seiner Finger, welche während der beiden Luftfahrten erfroren waren und nachher an beiden Händen amputirt werden mußten, das Leben retten konnte.

So hat unser Jahrhundert in allen Theilen der Physik große Heroen, welche immer bereit sind für die Wissenschaft das Leben zu opfern. Es würde uns hier zu weit führen,

wenn wir alles was in den verschiedenen Zweigen der Physik, in der Hydrostatik, Hydraulik, Mechanik u. s. f. seit ein paar Decennien geschehen ist, auch nur kurz berühren wollten. Unsere Zeitgenossen kennen in dieser Hinsicht ausser den mehrmahl genannten noch manche andere berühmte Namen; wir erinnern nur an Jos. v. Baader, Bramah, v. Busse, Carradori, Home, Horsburgh, Link, Prewost, v. Reichenbach, G. G. Schmidt, Tralles, Wolf.

Die Lehrbücher, welche Cavallo, Hutton, Playfair und Young in England, Biot und Hauy in Frankreich, Böckmann, Fischer, Fries, Hildebrandt, Kastner, J. T. Mayer, Munke, Neumann, Parrot, Schrader, Schmidt, Suckow, Sieber, Scholz und Trommsdorff in Teutschland herausgegeben haben, ferner die trefflichen Zeitschriften von Nicholson, Tilloch, Th. Thomson und Brande in England, von De la Méterie, Blainville, Gay-Lussac und Arrago in Frankreich, von Brugnatelli in Italien, endlich von Gilbert, Gehlen, Schweigger und Meineke in Teutschland haben ungemein viel beigetragen zur Förderung und Verbreitung der Physik.

In Teutschland würden die Fortschritte wahrscheinlich noch größer gewesen seyn, wenn sich nicht einige der bessern Köpfe durch naturphilosophische Träumereien hätten irre leiten lassen.

§. 7.

Literatur der Physik. Nur die vorzüglichern Werke sollen hier genannt werden.

Unter den Aeltern verdienen noch immer studiert zu werden:

Isaac Newton, Philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1726. 4.

G. I. s'Gravesande, Physices elementa mathematica. Lugd. Bat. 1748. II T. 4.

P. van Musschenbroek, Institutiones physicae. Lugd. Bat. 1748.

— — Introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. Bat. 1764.

J. C. P. Erxleben, Anfangsgründe der Naturlehre mit Anmerk. v. Lichtenberg. 6te Aufl. 1794.

Neuere Lehrbücher.

J. C. Fischer, Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten. 8 Bd. Gött. 1801 — 1808.

R. J. Hauy, Traité élémentaire de Physique etc. Paris 1804.

Anmerkung. Dieß vortreffliche Lehrbuch ist zweimal ins Teutsche übersetzt, nämlich:

1) Grundlehren der Physik von R. J. Hauy; übers. von Blumhof. 2 Thle. Weimar 1804.

2) Handbuch der Physik von R. J. Hauy; übers. v. Ch. S. Weiß. 2 Bde. Leipz. 1805.

Tib. Cavallo's ausführliches Handbuch der Experimental-Naturlehre. Aus dem Engl. mit Anmerk. v. Trommsdorff. 4 Bde. Erfurt 1804 — 1805.

J. G. F. Schrader, Grundriß der Experimental-Naturlehre. Zweite Auflage von L. W. Gilbert. Hamburg 1804.

L. A. Jungnitz, Grundr. der Naturlehre. Breslau 1804.

Fr. Hildebrandt, Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. 2 Thle. Erlangen 1807.

Young, Lectures on natural philosophy and the mechanical arts. 2 Vol. Lond. 1807.

G. F. Parrot, Grundriß der theoretischen Physik zum Gebr. für Vorlesungen. 3 Thle. Riga u. Leipz. 1809.

Ch. G. Schmidt, Handb. der Naturlehre zum Gebr. für Vorlesungen. 2te Aufl. Gießen 1813.

C. W. Böckmann, Leitfaden zum Gebr. bei Vorles. über die Naturlehre. 2te Aufl. Carlsr. 1813.

G. A. Suckow, Anfangsgr. der Physik und Chemie. 2 Thle. Augsb. 1813.

J. F. Fries, Entwurf eines Systems der theoretischen Physik zum Gebr. bei seinen Vorlesungen. Heidelb. 1813.

J. Playfair, Outlines of natural philosophy, bling heads of lectures delivered in the university of Edinburgh. 3 Vol. Lond. 1814.

T. Siber, Anfangsgründe der Physik und angewandten Mathematik. 2te Ausg. 1815.

E. G. Fischer, Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berl. 1815.

T. B. Biot, Traité de physique experimentale et mathematique. 4 Vol. Paris 1816.

— Précis élémentaire de physique experimentale. 2 Vol. Paris 1817.

Anmerk. Ins Teutsche übersetzt von F. Wolf unter dem Titel:

J. B. Biots, Anfangsgründe der Erfahrungs-Naturlehre. Bd. I. Berlin 1820.

Kries, Lehrb. d. Physik für gelehrte Schulen. 2te Aufl. Jena 1816.

J. B. Trommsdorff, Grundriß der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Gotha 1817.

F. A. C. Gren, Grundriß der Naturlehre. 6te Aufl. von Fischer. Halle 1819.

C. W. G. Kastner, Grundriß der Experimentalphysik. 2 Thle. 2te Aufl. Heidelberg 1820.

J. T. Mayer, Anfangsgründe der Naturlehre. 4te Aufl. Göttingen 1820.

J. Ph. Neumann, Lehrbuch der Physik. 2 Bde. Wien 1820.

J. Weber, Physik als Wissenschaft oder Dynamik der gesammten Natur. 2 Bde. Landshut 1820.

K. W. G. Kastner, Grundzüge der Physik und Chemie, Bonn 1821.

B. Scholz, Anfangsgründe der Physik, als Vorbereitung zum Stud. d. Chemie. 2te Aufl. Wien 1821.

D. A. Bartels, Anfangsgründe der Naturwissenschaft. 2 Bde. Leipz. 1822.

Wörterbücher.

Hutton's Mathem. and. philos. dictionnary, with. plates. 2 Vol. Lond. 1815.

J. S. T. Gehler, physikalisches Wörterbuch. 6 Bde. Leipz. 1787 — 1796.

Anmerk. Es wäre höchst wünschenswerth, daß Prof. Gilbert bald Muße finden möchte die längst verspro-

chenen Supplemente zu diesem sehr schätzbaren Wörterbuche herauszugeben.

J. C. Fischer, physikalisches Wörterbuch. 6 Bde. Göttingen 1798 — 1806.

Zeitschriften.

Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte von Lichtenberg, fortgef. v. Voigt. 12 Bde. Gotha 1785 — 1799.

J. H. Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. 10 Bde. Weimar 1797—1806.

Gren, Journal der Physik. 8 Bde. Halle 1790—1794.

— Neues Journal der Physik. 4 Bde. Leipz. 1795—1797.

Annalen der Physik. Angefangen von F. A. C. Gren, fortgesetzt von L. W. Gilbert. 30 Bde. Halle 1799 — 1808.

Gilberts Annalen der Physik, neue Folge. 30 Bde. Leipzig 1809—1819.

— Annalen der Physik und der physikalischen Chemie (bis jetzt) 13 Bde. Leipz. 1819—1823.

Anmerk. Diese treffliche Zeitschrift, wovon bis jetzt (auch unter dem gemeinschaftlichen Titel: „Annalen der Physik„) 73 Bände vorhanden sind, werden noch immer regelmäßig fortgesetzt.

Die vorzüglichsten physikalischen Zeitschriften des Auslandes sind:

1) in Frankreich:

Rozier, Observations sur la physique. Paris 1771.

De la Metherie, Journal de physique. Paris.

Anmerk. Dieses Journal wird seit 1818 von Blainville herausgegeben, und noch immer fortgesetzt.

2) in Italien:

Brugnatelli, giornale di fisica, chemica et storia naturale. Pavia 1808. (Wird noch immer fortgesetzt).

3) in England.

Nicholsons Journal of natural-philosophy etc. V Vol. (Seit 1797).

Tilloch, Philosophycal magazin. (Wird noch immer fortgesetzt).

Thomsons annals of philosophy. (Seit 1813, wird noch immer fortgesetzt).

London Journal of Arts and Sciences. (Wird fortgesetzt).

Edinbourgh philosophical Journal. (Wird fortgesetzt).

Ausführlicher findet man die Literatur der Physik theils in Krugs encyclopädischem Handbuche der wissenschaftlichen Literatur Bd. II. (Leipz. 1806); theils in Erschs Handbuch der deutschen Literatur Bd. II. (Amst. u. Leipz. 1813); und theils in Reuß's Repertorium commentationum a societatibus litterariis editarum T. IV. (Götting. 1805).

Zweiter Abschnitt.

Allgemeine Eigenschaften der Materie.

§. 8.

Was heißt Wesen? Materie? Körper? Es ist nothwendig, daß wir uns vorerst über folgende Begriffe verständigen:

Wesen nennen wir alles, was ist, also das Seyn oder Daseyn (Existens), das Bleibende von Etwas, ohne Unterschied, ob es sinnlich wahrnehmbar ist oder nicht.

Materie, Stoff, Substanz nennen wir das Wesen, wenn es sinnlich wahrnehmbar ist, daher auch der Unterschied zwischen materiell und immateriell; z. B. der Körper ist materiell, die Seele aber immateriell.

Körper endlich heißt der Stoff dann erst, wenn der Raum, welchen er einnimmt, bestimmte Grenzen hat. So z. B. kann man nicht sagen, die Luft und Elektricität seyen Körper, denn wir kennen die Grenzen davon nicht; wir bedienen uns daher richtiger des Ausdruckes: Stoff, Materie, oder Substanz, wir sagen also die Luft und Elektricität sind zwar materiell aber nicht körperlich. Wohl aber kann man sagen, das Eis ist ein durchsichtiger Körper u. s. w.

§. 9.

Raum und Zeit. Jede Materie, jeder Körper ist nur in Zeit und Raum wahrnehmbar; diese sind aber nicht selbst materiell; sie sind unendlich und unerforschbar, mithin kein Gegenstand der Physik. Jede sinnliche Wahrnehmung, jeder Zustand von Bewegung und Ruhe erfordert als Bedingniß der Wahrnehmung einen gewissen Raum und eine gewisse Zeit, wenn auch jener noch so klein, und diese noch so

kurz ist, daß sie kaum gemessen werden können. Raum und Zeit gehören also nicht zu den Eigenschaften der Materie an sich, sondern sind nur für uns Bedingnisse der sinnlichen Wahrnehmung.

Anmerkung. Wie die Wahrnehmungen von äussern Dingen in uns entstehen, wie sich Vorstellungen, Begriffe und Ideen bilden, ob und in wie weit die sinnlichen Wahrnehmungen und unsere Vorstellungen von äussern Dingen Realität haben und mit der Wirklichkeit des Seyns übereinstimmen, oder von der Beschaffenheit unserer Sinnesorgane und unsers Vorstellungs-Vermögens abhängen u. s. w., diese Untersuchungen gehören zum Theil in das Gebiet der Physiologie, größtentheils aber in jenes der Psychologie (Seelenlehre).

Unsere sinnlichen Wahrnehmungen sind vermöge der Beschaffenheit unserer Organe sehr beschränkt und es giebt ohne Zweifel noch viele Dinge um uns, wovon wir uns keine deutliche Vorstellung, keine Begriffe machen können; dieses bemerken wir an vielen Wirkungen, wovon uns die Ursachen unbekannt sind, dieses sagen uns gewisse Ahnungen, die Vorgefühle und viele andere psychologische Erscheinungen, z. B. des thierischen Magnetismus, die uns noch immer räthselhaft bleiben. Solche Wesen in und ausser uns, die wir an sich nicht wahrnehmen, sondern nur aus ihren Wirkungen erschließen können, nennen wir geistige Principien, oder übersinnliche Wesen.

§. 10.

Kräfte überhaupt. Die Physik nimmt die Materie als gegeben an, ohne zu untersuchen, wie sie entstanden ist, denn

dieses letztere ist für uns unerforschbar. Auch wollen wir es vorläufig dahin gestellt seyn lassen, ob alle Körperwelt nur aus einer Grundmaterie besteht, und die Verschiedenheiten, welche unsere Sinne wahrnehmen, nur Modificationen davon sind, oder, was weit wahrscheinlicher ist, ob es verschiedene (heterogene) Grundmaterien, oder Elemente giebt, wie sie die Chemie annimmt. Vor allem bemerken wir, daß die Materie, sie mag uns als ein belebter oder todter Körper erscheinen, Kräfte besitzt, womit sie nach bestimmten Gesetzen ihre Existenz erhält, und nach aussen wirkt. Diese Kräfte oder letzten Ursachen der Erscheinungen nennen wir Grundkräfte, und die Regelmäßigkeit in dem Verhältnisse zwischen Ursachen und Wirkungen heißen wir Naturgesetze. Diese Naturgesetze stehen unter sich in vollkommenster Harmonie, sie sind unveränderlich, so wie die Grundkräfte unzerstörbar sind. Sind die Kräfte nur auf Erhaltung der Existenz beschränkt, so nennt man sie todte oder ruhende Kräfte, verbreitet sich aber ihre Wirkung nach Aussen, so heißen wir sie lebende oder bewegende Kräfte.

Erläuterung. Betrachten wir z. B. einen Stein, so bemerken wir daran vor Allem, daß er nicht aufhört Stein zu bleiben; dieß kann aber nur vermöge eigener Kräfte geschehen, wodurch der Stein die Theilchen, woraus er besteht, zusammenhält, und die von Aussen darauf einwirkenden Potenzen von seiner Zerstörung abhält; dieses bewirken die ruhenden Kräfte des Steins. Nehme ich denselben in die Hand, so bemerke ich noch überdieß, daß er Schwere besitzt, d. h. Anziehung zur Erde äußert, und lasse ich ihn auf lockern Sand fallen, so sehe ich, daß er nicht nur mit großer Schnelligkeit abwärts eilt, son-

dern auch mit einer gewißen Kraft sich in den Sand eingräbt, worauf er wieder zur Ruhe kömmt; dieß war die Aeußerung seiner bewegenden Anziehungskraft.

Nun frägt sich, ist die Materie etwas für sich existirendes Todtes, und wird sie erst durch geistige Principien, welche wir Kräfte nennen belebt, oder dürfen wir annehmen, daß keine Kraft ohne Materie und keine Materie ohne Kraft existire, daß also letztere nur eine Eigenschaft der erstern sey? Ueber diese und ähnliche Fragen haben sich die Philosophen mit verschiedenen metaphysischen Speculationen beschäftiget, welche zwar nicht in die Experimental-Physik gehören, aber doch nicht ganz unbeachtet bleiben dürfen. Alle die verschiedenen Theorien der Naturphilosophen über das Wesen der Materie und über die Ursachen der Kräfte und Bewegungen reduciren sich hauptsächlich auf zwei: nämlich auf die

1) dynamische Theorie,
2) atomistische Theorie.

§. 11.

Dynamische Theorie. Diejenigen Naturphilosophen, welche die Materie und ihre Bewegung aus Kräften construiren, heißen Dynamisten; Kant*) steht an ihrer Spitze. Sie sagen: die Materie erfüllt einen Raum, nicht durch ihre bloße Existenz, sondern durch besondere bewegende Kräfte. Diese Kräfte sind Anziehungskraft (Attraktivkraft) und Zurückstoßungskraft (Repulsivkraft). Anziehungs-

*) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft v. Immanuel Kant. Riga 1786.

kraft ist nämlich diejenige bewegende Kraft, wodurch eine Materie die Ursache der Annäherung anderer zu ihr seyn kann, oder, was dasselbe ist, wodurch sie der Entfernung anderer von ihr widersteht. Zurückstoßungskraft hingegen ist diejenige, wodurch eine Materie Ursache seyn kann, andere von sich zu entfernen, oder, was eins ist, ihren Raum zu behaupten. Jeder Körper behauptet also seinen Raum durch Repulsivkraft, weil er dadurch jedem andern, der denselben Raum einzunehmen strebt, Widerstand leistet. Die Materie kann zwar auf einen kleinern Raum beschränkt werden durch überwiegende Repulsivkraft eines äussern Körpers, allein in dem Verhältniß, als dieß der Fall ist, wächst auch seine eigene zurückstoßende Kraft so zwar, daß es nie möglich ist, die Materie mechanisch zu durchdringen oder zu nichts zu machen. Aus dieser Repulsivkraft erklärt also die dynamische Theorie die allgemeine Eigenschaft der mechanischen Undurchdringlichkeit; d. h. in dem Raume, in welchem ein Körper sich befindet, kann nicht zugleich ein anderer seyn. Die Repulsivkraft ist aber nicht zureichend um die Materie zu construiren, denn wenn diese Kraft nicht durch eine ihre entgegengesetzte beschränkt und gebunden wäre, so würde sich die Materie ins Unendliche ausdehnen und zerstreuen, so daß in keinem endlichen Raume eine anzugebende Quantität, Materie da seyn würde. Die der Expansivkraft entgegenwirkende Kraft ist also die Attraktivkraft, wodurch erst die Materie ihren Raum behauptet und sinnlich wahrnehmbar wird. Aber auch durch Anziehungskraft allein läßt sich die Existenz nicht erklären, denn wenn sie dieser Kraft allein folgte, so würde sie sich in einen unendlich kleinen Raum — in einen mathematischen Punkt — zusammen ziehen, mithin wieder nicht wahrnehmbar seyn. Die Möglichkeit der Materie fordert also diese entgegenge-

setzten Kräfte, welche in verschiedenen Verhältnissen einander beschränkend die verschiedenen Dichtigkeits-Zustände der Materie begründen. Ist z. B. die Attraktivkraft überwiegend, so zieht sich die Materie zu einen dichten schweren Körper zusammen, z. B. Gold, Platin ꝛc., wird hingegen die Expansivkraft vorherrschend, so erscheint die Materie dampf- und luftförmig, und zuletzt gänzlich unwägbar wie Licht und Wärme. Da die Materie den Raum durch bewegende Kräfte erfüllt, diese aber nach allen Seiten continuirlich wirken, so giebt es keine absolut leeren Zwischenräume, d. h. die Materie erfüllt den Raum stetig, und muß mithin eben so theilbar seyn wie der Raum selbst; es folgt also daraus eine unendliche Theilbarkeit der Materie, und zwar so, daß wir nie auf letzte einfache Theile kommen können. Wenn auch die kleinsten Theilchen physisch nicht mehr theilbar wären, so dürften sie nur durch Wirkung der Expansivkraft weiter ausgedehnt werden, um neuerdings theilbar zu seyn, und so ins Unendliche.

Von der mechanischen Undurchdringlichkeit ist aber wohl zu unterscheiden die chemische Durchdringung oder Einswerdung, welche dann Statt findet, wenn die Kräfte verschiedener Materien in eine solche Harmonie kommen, daß sie sich in eine Materie vereinigen. Wenn also A und B sich chemisch mit einander vereinigen, so vereiniget sich die Attraktivkraft von beiden zu einer einzigen Kraft, und eben so die Repulsivkraft, wodurch also ein neuer Stoff entsteht, welcher in allen seinen Theilen Continuität besitzt, und gleichartig ist. Wenn also z. B. Salz in Wasser aufgelöst wird, so ist nach der Theorie der Dynamisten die Auflösung in allen ihren Theilen durchaus gleichartig.

§. 12.

Atomistische Theorie. Schon unter den alten griechischen Philosophen haben Einige z. B. Leucippus, Demokrit und Epikur, die Materie als schon gegeben, und aus kleinsten Theilen zusammengesetzt sich gedacht. Diese kleinsten Theile heißen Atome, daher diese Theorie die atomistische genannt wird. Während also die Dynamisten die Materie ins Unendliche theilbar, stetig den Raum erfüllend und an sich thätig sich denken, nehmen die Atomisten dagegen an, daß die Materie aus einer endlichen Anzahl Atomen zusammengesetzt sey, welche so klein sind, daß sie sich nicht weiter theilen lassen. Diese Theorie wurde von verschiedenen Naturphilosophen verschiedenartig ausgebildet und modificirt; ich will ohne Rücksicht auf den einen oder andern hier einige Hauptsätze aufstellen, welche den Geist der Atomistik ausdrücken sollen.

Wie die Materie entstanden ist, läßt sich nicht vorstellen; wir bemerken an ihr zweierlei, nämlich a) den todten trägen Stoff, welcher fest, kalt, undurchdringlich, schwer, theilbar und beweglich ist; dann b) ein bewegendes geistiges Princip, welches an sich nicht, sondern nur aus seiner Wirkung auf die Materie wahrnehmbar ist, und nach Ausdehnung und Bewegung strebt. Zwischen Materie und Materie giebt es eine Verschiedenartigkeit (Heterogeneität) eben so zwischen geistigen Prineipien. Wir wollen es übrigens dahin gestellt seyn lassen, wie vielerlei heterogener Materien und bewegender Wesen es giebt; ob die kleinsten Theile der Materie (Atome) alle Kugelgestalt, oder verschiedene geometrische Figuren, z. B. Würfel, Pyramiden, Rhomben, Prismen u. s. w. darstellen, um bei ihrer Vereinigung regelmäßige Gestalten und in ihrem Innern leere Zwischenräume (Poren) zu bilden, woraus sich die Elastici-

tät erklären läßt. So viel aber muß angenommen werden, daß verschiedenartige geistige Principien wechselseitig sich anzuziehen, gleichartige aber sich abzustoßen suchen, um daraus die Erscheinungen der Ausdehnung, der Wärme, des Lichts, der Elektricität, des Magnetismus, des Chemismus, des organischen Lebens und endlich der Welten Bewegung erklären zu können. Die wägbaren Materien hingegen besitzen alle ein Streben nach Verdichtung und Vereinigung, woraus sich die Erscheinungen der Schwere, Trägheit, Cohäsion, Härte, Ruhe u. s. w. erklären lassen. Wenn die Materie an sich als gänzlich kraftlos gedacht wird, so muß auch dieses Streben, diese Kraft der Trägheit von einem besondern geistigen Princip hergeleitet werden.

Um die chemischen Verbindungen und Scheidungen zu erklären, muß angenommen werden, daß die verschiedenartigen geistigen Principien ihre wechselseitige Anziehungs- und Abstoßungskraft auf die Materien übertragen und nur an diesen wahrnehmbar machen, wodurch geschieht, daß immer 1 Atom des einen Stoffes mit 1, 2, 3 oder 4 u. s. w. Atomen des andern zusammen tritt, wodurch ein ganz neuer Stoff zum Vorschein kommen kann. Hier werden also die ungleichartigen Materien nicht durchdrungen, sondern nur in ihren kleinsten Theilen innigst verkettet gedacht, woraus sich das chemische Gesetz, daß sich ungleichartige Stoffe nach bestimmten quantitativen Verhältnissen mit einander verbinden, leicht erklären läßt.

Da die atomistische Theorie dem sinnlichen Vorstellungsvermögen mehr zusagt, indem sich darnach sowohl die mechanischen als chemischen Erscheinungen sehr augenfällig erklären lassen, so sind ihr die meisten Naturforscher, vorzüglich in Frankreich und England, noch immer mehr zugethan als der dynamischen Theorie, indem sich der Verstand die

Zusammensetzung der Materie aus bloßen Kräften nicht vorzustellen vermag, und eine Kraft ohne Etwas, das sie hat (ohne Kraftträger), unbegreiflich ist.

§. 13.

Allgemeine und besondere Eigenschaften der Materie. Die Eigenschaften der Materien theilen sich

A) in allgemeine,

B) in besondere.

Die allgemeinen oder wesentlichen Eigenschaften sind diejenigen, welche allen Stoffen, allen Körpern, ohne Ausnahme zukommen, und vom Begriff von Materie unzertrennlich sind, wir mögen die Erscheinungen nach dynamischen oder atomistischen Grundsätzen erklären. Diese allgemeinen Eigenschaften sind:

1) Ausdehnung,
2) mechanische Undurchdringlichkeit,
3) Beweglichkeit,
4) Bewegungskraft.

Die besondern Eigenschaften hingegen sind diejenigen, wodurch sich verschiedenartige Stoffe oder Körper von einander unterscheiden lassen, z. B. Größe, Figur, Dichtigkeit, Farbe, Geruch, Geschmack, chemisches Verhalten u. s. w.

Anmerkung. Einige Physiker rechnen auch Porosität oder Elasticität, zu den allgemeinen Eigenschaften, allein wenn wir auch wirklich alle Stoffe zusammendrückbar und von Wärme durchdringbar finden, so läßt sich doch eine Materie denken, welche durch keine Kraft weiter ausgedehnt oder zusammengedrückt werden könnte; auch läßt sich die Erwärmungsfähigkeit ohne Porosität denken.

Theilbarkeit wird gleichfalls von Einigen zu den allgemeinen Eigenschaften gerechnet, und liegt auch nach der dynamischen Theorie schon im Begriffe von Materie; allein nach der Atomistik kann man auch kleinste Theilchen annehmen, welche nicht mehr theilbar sind.

Cohäsion oder Zusammenhang ist zwar eine wesentliche Eigenschaft eines Körpers, dessen ungeachtet aber läßt sich die Materie auch in ihre Atome getrennt und ohne Zusammenhang denken.

§. 14.

Ausdehnung. Die Materie muß einen gewissen Raum einnehmen, denn ausserdem wäre sie keine Materie und nicht sinnlich wahrnehmbar. Diese Ausdehnung wird nach drei Dimensionen mathematisch bestimmt; nämlich nach Länge, Breite und Höhe. Die Grenzen dieser Ausdehnung bestimmen die Figur eines Körpers. Die Quantität der in einer gegebenen Ausdehnung enthaltenen Materie bestimmt die Dichtigkeit, d. h. je mehr Masse oder Materie in einem gegebenen Raume enthalten ist, desto grösser ist die Dichtigkeit.

§. 15.

Undurchdringlichkeit. Die Materie muß ferner mechanisch undurchdringlich seyn, d. h. ihren Raum behaupten, denn da wo sie ist, kann nicht zugleich etwas anders seyn. Sobald ein Körper von einem andern gänzlich durchdrungen werden könnte, und zwar so, daß er den Raum desselben vollkommen einzunehmen im Stande wäre, müßte ersterer nothwendig aufhören Materie zu seyn, mithin absolut vernichtet werden, was nicht denkbar ist.

§. 16.

Beweglichkeit. Die Fähigkeit den eingenommenen Raum zu verändern, heißt Beweglichkeit. Da der Raum unendlich, die Materie aber endlich und nirgends in jenem befestiget ist, so liegt die Fähigkeit, den eingenommenen Raum mit einem andern zu vertauschen, schon im Begriffe von Materie.

§. 17.

Bewegungskraft. Die Fähigkeit oder Kraft, nicht nur sich selbst zu bewegen, sondern auch nach aussen zu wirken, d. h. durch die Beweglichkeit eines Stoffes auch andere Materien in Bewegung zu setzen, nenne ich aktive Bewegungskraft zum Unterschiede von Beweglichkeit, welche eigentlich nur passiv ist. Diese Kraft ist unzertrennlich von der Ausdehnung, Undurchdringlichkeit und Beweglichkeit, mithin schon in den Begriff von Materie, Stoff, Körper gegründet. Ihre Wirkung ist 1) mechanisch, 2) chemisch, 3) mechanisch und chemisch zugleich, und 4) organisch.

Anmerkung. Auf diese vier Haupteigenschaften der Materie lassen sich alle die übrigen Kräfte und Eigenschaften zurückführen, welche wir jetzt näher betrachten wollen, nämlich Cohäsionskraft, Expansivkraft, Dichtigkeit, Porosität, Elasticität, Theilbarkeit, Adhäsionskraft, Schwere, Bewegung, Polarität, chemische Verwandtschaftskraft und Lebenskraft.

§. 18.

Cohäsionskraft. Jeder Körper, jede Materie, hat eine gewisse Kraft, die gegebene Individualität zu behaupten,

und diese nennen wir Cohäsionskraft. Sie strebt nach Continuität, Zusammenhang zwischen gleichartigen Theilen, und leistet äußern Einflüssen Widerstand, und zwar so, daß immer eine gewisse Gewalt nöthig ist, Theile von einem Körper zu trennen. Die Wirkung dieser Kraft heißt Zusammenhang (Cohäsion). Diese egoistische Kraft ist nothwendig zum Bestehen der Individualität und Mannigfaltigkeit in der Natur, denn ohne sie könnte kein gleichartiger Körper bestehen, das ganze Weltgebäude würde zerfallen, und sich in unendlich kleine Theile verwirren. Aus der Cohäsionskraft (Zusammenhangskraft, oder homogene Verwandtschaft) lassen sich die allgemeinen Eigenschaften der Ausdehnung und Undurchdringlichkeit ableiten.

Anmerkung. Um sich die Cohäsionskraft zu erklären, haben einige Atomisten der frühern Zeit eine Art Leim oder Kitt, oder auch Häckchen oder Ringe, zwischen den kleinsten Theilen sich gedacht. Diese Hypothesen können bei helldenkenden Naturforschern unmöglich Beifall finden. Es genügt uns zu wissen, daß eine Kraft existirt, welche den Zusammenhang unter den gleichartigen Theilen eines jeden Körpers bewirkt, und somit die Individualitäten schützt.

§. 19.

Expansivkraft. Die Cohäsionskraft der Körper ist beschränkt und modificirt durch eine andere ihr entgegenwirkende Kraft, welche man Expansivkraft (Ausdehnungskraft) nennt. Würde nämlich die Cohäsionskraft allein wirken, so müßten alle einzelnen gleichartigen Stoffe und Körper erstarren, und alle gegenseitige Reaktion, alles Leben, alle Bewegung hätte für immer ein Ende. So aber ist in der Natur die weise Einrichtung, daß jede Kraft durch eine

andere, ihr mehr oder weniger entgegengesetzte, geregelt und in ihren excentrischen Wirkungen gehemmt wird, wodurch allein ununterbrochene Bewegung und beständige Erneuerung möglich wird. Expansivkraft nennen wir also diejenige Kraft, welche nach Ausdehnung, nach Vermehrung des Raumes, nach Zurückstoßung äußerer Körper strebt; und diejenige allgemeine Eigenschaft der Materie bewirkt, welche wir Ausdehnung genannt haben.

Anmerkung. Wenn wir daher in den Kolben einer Windbüchse Luft einpumpen, und hierauf das Ventil öffnen, so wird die Luft mit so großer Gewalt herausfahren, daß sie fremde Körper mit Schnelligkeit in weite Entfernung fortschleudert, weßhalb man sich der Windbüchse zum Schießen bedienen kann. Diese Eigenschaft der Luft müssen wir einer besondern Kraft zuschreiben, nämlich der Expansivkraft.

Die Dynamisten halten diese Kraft für identisch mit Repulsivkraft, welche nach Raumerfüllung strebt. Einige Atomisten hingegen z. B. J. T. Mayer, Biot, Dalton, Allen u. A., denken sich die Wärme als eine höchst feine elastische Flüssigkeit, welche sich in die kleinen Zwischenräume der Körper begibt, und sie ausdehnet, wenn sie sich da anhäuft. Demnach hätten die wägbaren Körper nur Anziehungskraft aber keine Ausdehnungskraft, indem das Expandirende immer ein unwägbares Princip, nämlich Wärmestoff wäre, was sich mit dem Wägbaren verbindet und es ausdehnt. Da man nun auf jeden Fall auch dem Wärmestoffe wieder Expansivkraft zuschreiben muß, so läuft es auf dasselbe hinaus, und ich halte es für naturgemäßer, der Materie überhaupt diese Kraft zuzuschreiben.

Indem die Expansivkraft der Cohäsionskraft entgegenwirkt, trägt sie dazu bei ungleichartige Stoffe sowohl von einander zu trennen, als auch in neue Verbindungen zu bringen.

§. 20.

Dichtigkeit. Das Verhältniß zwischen Cohäsionskraft und Expansivkraft bewirkt das, was wir Dichtigkeit nennen. Wir verstehen nämlich darunter die relative Menge der in einem gegebenen Raume enthaltenen wägbaren Materie, oder mit andern Worten das Verhältniß der Masse eines Körpers zu seinem Umfange. Je mehr Stoff also in einem gewissen Raume enthalten ist, desto dichter ist derselbe, und so umgekehrt. Da wir annehmen, daß die Cohäsionskraft nach Verdichtung, die Expansivkraft hingegen nach Verdünnung strebt, so ergiebt sich, daß je überwiegender die Cohäsionskraft in einem Körper ist, desto größer die Dichtigkeit desselben seyn muß. Die Größe des Raums, den ein Stoff erfüllt, heißt seine Ausdehnung, seine Größe, sein Volumen. Die Grenzen dieser Ausdehnung bestimmen die Figur eines Körpers. Der Begriff von Dichtigkeit ist also immer relativ, weil sich nie sagen läßt, wie groß die Dichtigkeit eines Körpers an und für sich ist; man muß ihn daher in dieser Hinsicht immer erst vergleichen mit einem andern bekannten Stoffe, wozu gewöhnlich Wasser oder Luft gewählt wird, um zu finden, um wie viel mehr oder weniger die Masse des gesuchten Stoffes in einem gleichen Volumen beträgt.

Anmerkung. Das Volumen wird in der Mathematik und Physik nach dem Cubikmaße bestimmt; denn die einfachste und am leichtesten meßbare Figur ist der Würfel (Cubus). Man bedient sich daher auch des hohlen

Würfels, wovon jede Seite genau einen Quadratfuß, oder Quadratzoll oder eine Quadratlinie mißt, um das Volumen sowohl tropfbarer als auch gasartiger Flüssigkeiten nach Cubik-Fußen-Zollen und Linien zu messen. Im bürgerlichen Leben hat man aber auch andere Maaße für verschiedene Substanzen, z. B. den Eimer, die Maaß, für Flüssigkeiten, den Scheffel, die Metze u. s. w., für Getraid und Mehl u. s. w.

§. 21.

Porosität. Durch Druck von Aussen läßt sich die Dichtigkeit eines Körpers vermehren, durchs Erwärmen hingegen vermindern. Alle Stoffe die wir kennen, die Luft, das Wasser, die Metalle u. s. w. besitzen diese Eigenschaft. — Einige, z. B. die Luft in einem ausgezeichneten, andere hingegen, z. B. das Wasser in einem geringen Grade. Diese Eigenschaft erklärt die atomistische Theorie ganz einfach dadurch, daß sie zwischen den Atomen (§. 12.) leere Räume — Poren — annimmt, welche mit Wärmestoff angefüllt sind, dadurch läßt es sich auch erklären, warum durch starken Druck Wärme frei gemacht wird, und warum sich die Körper durchs Erwärmen ausdehnen, mithin an Dichtigkeit verlieren. Die dynamische Theorie hingegen erklärt sich diese Eigenschaft aus den Wirkungen der Ziehkraft und Dehnkraft. Wenn wir feste Körper mit dem Vergrößerungsglase betrachten, so gewinnt die atomistische Ansicht einiges Uebergewicht, indem wir finden, daß die Körper in ihrer Masse eine verschiedenartige Textur oder ein krystallinisches Gefüge haben, wodurch Poren, Zellen, oder ungleiche Dichtigkeiten in der Masse entstehen. Wir dürfen nun freilich nicht annehmen, daß diese Poren absolut leere Räume darstellen, denn die Natur haßt das Leere; allein mit Luft,

Wasser, Wärmestoff, oder überhaupt mit weniger dichter Materie, welche beim Zusammendrücken entweicht, können diese Zwischenräume allerdings angefüllt seyn, wie die Beobachtung lehrt. Eine ähnliche Porosität, wie wir bei festen Körpern, z. B. im Papier, in Häuten, im Holze, in Mineralien, in feinen Metallblättchen u. s. w. wahrnehmen, läßt sich auch in tropfbarflüssigen und luftartigen Stoffen voraussetzen. Denn Körper sind nur zusammendrückbar insoferne sie Zwischenräume haben, und da alle Stoffe, welche wir kennen, compressibel sind, so müssen sie auch alle Porosität besitzen. Daraus folgt also, daß die Körper, wie sie uns erscheinen, ihren Raum nicht als ein gleichartiges Continuum erfüllen, indem Zwischenräume mit ungleichartiger Materie erfüllt darzwischen liegen, und daß mithin der scheinbare Raum, den jeder Körper einnimmt, nicht verwechselt werden darf mit dem wahren Raume, welchen er im Zustand von größter Gleichartigkeit und Dichtigkeit behaupten würde. Beim Zusammendrücken wird der Raum vermindert, ohne daß der Körper von seiner Masse etwas verliert, beim Ausdehnen hingegen nimmt der Körper einen größern Raum ein, ohne seine Masse zu vermehren. Mithin dürfen wir annehmen, daß wir keinen Körper im Zustande seiner absoluten Dichtigkeit kennen, denn in diesem Zustande wäre die Materie durchaus unzusammendrückbar.

Anmerkung. Die Porosität ist ein plastisches Bedürfniß der Natur, denn da, wo eine durchaus gleichartige Dichtigkeit wäre, könnte keine Ernährung und kein Wachsthum in der organischen und keine Krystallisation in der anorganischen Natur seyn. Durch die Poren der Haut und der Lungen geschieht Ausdünstung und Absorption; eben so geht die Ernährung durch kleine Poren vor sich, welche in den Ge-

därmen befindlich sind u. s. w. Darauf gründet sich auch die äußerliche und innerliche Anwendung der Arzneimittel. Dasselbe gilt auch von den Vegetabilien, welche überall zellige Textur zeigen, wodurch die Ausdünstung, Absorption und Ernährung erfolgt. Die unorganischen Körper können sich gleichfalls nicht krystallinisch gestalten, wenn sie nicht Raum zur Bildung der Poren in ihrer Textur haben, daher zersprengt Wasser die Gefäße beim Gefrieren (Krystallisiren).

§. 22.

Elasticität. Von der Porosität und Cohäsionskraft zugleich scheint eine andere Eigenschaft der Materie herzurühren, welche wir Elasticität, Federkraft, Springkraft nennen. Darunter verstehen wir nämlich die Eigenschaft, sich nicht nur durch äußere Gewalt zusammendrücken und ausdehnen zu lassen, sondern auch von selbst wieder in den alten Raum zurück zu kehren, sobald die äußere Gewalt zu wirken aufhört.

Anmerkung. Fast alle Körper besitzen Elasticität in einem größern oder geringern Grade. Bei luftartigen Flüssigkeiten bemerken wir dieß am meisten, indem sie sich durchs Erhitzen oder durch die Luftpumpe zu einem ungeheuren Volumen ausdehnen lassen, durch starke Kälte aber, oder durch eine Compressions-Maschine außerordentlich zusammendrückbar sind, ohne die Fähigkeit zu verlieren, in das vorige Volumen von selbst wieder zurück zu kehren, sobald die äußere Gewalt zu wirken aufhört. Auch tropfbare Flüssigkeiten besitzen Elasticität, allein in einem weit geringerem Grade. Bei einigen festen Körpern, z. B. bei Caut-

schuck (Gummi elasticum), gehärtetem Stahl, dünnen Glasfäden, grünem Holze u. s. w., auch bei weichen organischen Körpern, vorzüglich bei lebenden Muskeln, finden wir die Elasticität im hohen Grade. Es ist dieß eine höchst nützliche Eigenschaft, welche zur Erhaltung der lebenden Körper sehr vieles beiträgt. Wie wenige Kinder würden mit dem Leben davon kommen, wenn nicht alle ihre Theile — selbst die Knochen einen hohen Grad von Elasticität besäßen, wodurch das Stoßen und Fallen für sie weit weniger gefährlich wird, als für Erwachsene, bei welchen die Theile schon spröder sind. Fürs praktische Leben, wird von der Elasticität verschiedener Körper mannigfaltige nützliche Anwendung gemacht; ich will nur an die Dampfmaschinen erinnern, welche durch die Elasticität der Wasserdämpfe, an die Taschenuhren, welche durch die Elasticität der Stahlfedern in Bewegung erhalten werden.

§. 23.

Dehnbarkeit. Die Eigenschaft durch äussere Gewalt das Volumen und die Figur zu ändern ohne den Zusammenhang zu verlieren, und die dadurch erhaltene Ausdehnung und Figur zu behalten, nachdem die äußere Gewalt zu wirken aufgehört hat, nennen wir Dehnbarkeit, Ductilität, Streckbarkeit. Sie unterscheidet sich also von der Elasticität dadurch, daß der Körper nicht mehr in sein voriges Volumen und seine vorige Gestalt zurückzukehren vermag, nachdem die äußere Kraft zu wirken aufgehört hat. Dehnbarkeit kann mit großer Härte, aber auch mit Weichheit (§. 25.) verbunden seyn. Letztere ist damit nicht zu verwechseln. Sie ist gleichfalls Wirkung der Cohäsionskraft,

und rührt von einer eigenen Struktur der Theilchen her, wodurch sie sich durch äußere Gewalt verschieben lassen, ohne den Zusammenhang zu verlieren.

§. 24.

Aggregatzustand. Von der gemeinschaftlichen, und sich gegenseitig beschränkenden Wirkung der Cohäsionskraft und Elasticität rühren die besondern Dichtigkeits-Zustände der Stoffe her, welche wir Aggregatzustände nennen. Wir unterscheiden folgende drei Haupt-Aggregatzustände:

1) fest,
2) tropfbarflüssig,
3) luftartig.

Diese Aggregatzustände unterscheiden sich leicht durchs Auge und durchs Gefühl. Es finden zwar hierin verschiedene Modificationen, besonders zwischen fest und tropfbarflüssig, statt, welche sich aber leicht in die eine oder andere Klasse einreihen lassen, je nachdem man die Begriffe festsetzt.

§. 25.

Festigkeit. Fest nennen wir einen Körper dann, wenn die Cohäsionskraft so überwiegend wirkt, daß die einzelnen Theilchen sich durch äußere Gewalt schwer trennen oder verschieben lassen. Feste Körper behalten daher leicht ihre Figur in jeder Lage und Richtung, solange nicht die Gesetze der Schwerkraft überschritten sind.

Starr nimmt man gewöhnlich gleichbedeutend für fest, allein genauer läßt sich damit der höchste Grad von Festigkeit bezeichnen, also ziemlich gleichbedeutend mit steif und schwerbiegsam.

Unbiegsam, oder spröde nennt man denjenigen Zustand von Starrheit, welcher kein Verschieben der Theilchen durch Biegen, Hämmern, Walzen u. s. w. erlaubt, ohne den Zusammenhang zu verlieren, d. h. zu brechen, z. B. Glas, Quarz. Zähe, biegsam, dehnbar, geschmeidig sind daher dem Spröden entgegengesetzt, z. B. Silber, Gold.

Zerreiblich nennt man jenen Zustand von Starrheit, wobei die Theilchen durch äußere Gewalt ihren Zusammenhang leicht verlieren, ohne daß der Zustand von Festigkeit aufgehoben wird, z. B. Kreide, Zucker.

Weich nennt man einen festen Körper dann, wenn er seine Figur leicht ändern läßt, und die durch äußere Gewalt erhaltenen Eindrücke behält, nachdem erstere zu wirken aufgehört hat, z. B. Butter, Wachs.

§. 26.

Flüssigkeit. Bei tropfbaren Flüssigkeiten ist die Cohäsionskraft mit der Expansivkraft in einem solchen Gleichgewichte, und der Zusammenhang der Theile so gering, daß sie eine schwache Gewalt aus ihrer Lage verschieben oder trennen kann. Ist ein flüssiger Körper sich selbst überlassen, ohne daß eine äußere Kraft auf ihn wirkt, so nimmt er Kugelgestalt an; in kleinen Massen nennt man diese Kügelchen Tropfen. Berühren sich zwei oder mehrere solcher tropfbarflüssigen Kugeln, so bewirkt die Cohäsionskraft, daß sie zu einem zusammenhängenden Ganzen (Continuum) zusammenfließen. Wegen der leichten Verschiebbarkeit der liquiden Körper bewirkt die Anziehungskraft unserer Erde, daß sie sich in grössern Massen durch ihr eigenes Gewicht auf ebenen Flächen ausbreiten, auf geneigten Flächen aber abwärts fließen, und sich an den tiefsten Stellen ansammeln. Diese

sphärische Gestalt und leichte Beweglichkeit der tropfbaren Flüssigkeiten erklärt die atomistische Theorie dadurch, daß sie die Atome derselben als unendlich kleine, glatte Kügelchen annimmt, welche leicht über einander hinrollen. Daß feine Pulver fester Körper, z. B. Mehl, weniger leicht verschiebbar sind, scheint daher zu rühren, daß die Staubtheilchen nie eine so vollkommen runde und glatte Oberfläche haben und mithin wegen ihrer Unebenheiten und mehr oder weniger eckigen Gestalt fester an einander hängen. Die dynamische Theorie hingegen nimmt an, daß in den Flüssigkeiten die Theile von allen Seiten gleich angezogen und abgestoßen werden, mithin sich so frei bewegen können, als wenn sie unter sich gar nicht angezogen und abgestoßen würden.

Unter tropfbaren Flüssigkeiten giebt es gleichfalls verschiedene Modificationen und Grade des Flüssigseyns; wir unterscheiden dickliche und zähe Flüssigkeiten, z. B. Syrup, Theer, Terpentin, welche gewöhnlich aus festen und flüssigen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, und sich den festen Körpern schon mehr oder weniger nähern, sich aber immer noch dadurch unterscheiden, daß sie Tropfengestalt annehmen können, auf ebenen Flächen sich ausbreiten, auf schiefen Flächen abfließen, wenn dieß auch träge und langsam geschieht, und daß gemachte Eindrücke bald wieder verschwinden.

§. 27.

Luftgestalt. Wenn die Expansivkraft ein solches Uebergewicht über die Cohäsionskraft hat, daß die Materie einen sehr hohen Grad von Elasticität annimmt, und sich durchsichtig und frei nach allen Dimensionen ausbreitet, und zwar so, daß sie durch die geringste Gewalt verschoben und getrennt werden kann, ohne jedoch die Wägbarkeit zu verlie-

ren, so nennen wir sie luftartig oder elastisch flüssig. Man unterscheidet zweierlei luftartige Zustände, nämlich

1) Gas.

2) Dampf.

Gas, permanent elastische oder luftartige Flüssigkeit sind gleichbedeutende Worte. Eine solche Flüssigkeit kann weder durch Kälte noch durch mechanischen Druck fest oder tropfbar gemacht werden, wenigstens mit unseren gegenwärtigen Mitteln nicht. Daher nennt man sie beständig, oder permanent elastisch.

Dampf, unbeständiges Gas, Dunst besitzt zwar ebenfalls Luftzustand, und dieselbe Elasticität wie ein permanentes Gas, es unterscheidet sich aber ein solches unbeständiges Gas dadurch, daß es durch Kälte, oder durch mechanischen Druck die Elasticität verliert, sich auf einen geringeren Raum zusammenbegibt, und dadurch entweder fest oder tropfbarflüssig wird. Diese Verdichtung eines Dampfes heißt man auch Condensation.

Der Luftzustand und die Verwandlung fester oder tropfbarflüssiger Körper in Gas oder Dampf erklärt die atomistische Theorie dadurch, daß sie sagt, der Wärmestoff häuft sich in den Poren zwischen den Atomen an, und treibt letztere aus einander, wodurch sie einen großen Raum einzunehmen gezwungen werden und ausgezeichnete Elasticität erhalten. Die dynamische Theorie hingegen läßt die Repulsivkraft vorherrschen.

Anmerkung. So weit unsere gegenwärtigen Kenntnisse reichen, besitzen die meisten festen und flüssigen Körper die Eigenschaft unter gewissen Umständen, z. B. durch Aufhebung des Luftdruckes oder durch Erhitzung, in gasartigen Zustand überzugehen; die meisten Gase lassen sich aber durch mechanische Mittel condensiren,

daher sind sie nicht permanent elastisch, sondern dampfförmig. Das Wort Dampf oder Dunst wird im gemeinen Sprachgebrauche häufig auch auf denjenigen Aggregatzustand angewendet, welchen man richtiger Nebel, Wolke, Rauch nennt, wo nämlich durch Condensation eines Dampfes äußerst feine Bläschen eines tropfbarflüssig oder fest gewordenen Stoffes einige Zeit lang mit Luft gemengt in letzterer schwebend bleiben, und sich leicht dadurch unterscheiden lassen, daß sie weniger Elasticität besitzen, und sichtbar sind, mithin die Durchsichtigkeit der Luft mehr oder weniger stören, während die Dämpfe alle durchsichtig, wenn auch bisweilen gefärbt, sind. Da nun die Dämpfe Fähigkeit haben durch Condensation, Nebel oder Wolken zu bilden, so ist hier eine Verwechselung der Worte und Begriffe wohl zu entschuldigen.

Die Zerstreuung einer tropfbaren Flüssigkeit in Dampfzustand in der Luft nennt man Verdampfen, Verdunsten, Abdampfen, Abdunsten; und da hierbei oft ein Theil des Verdünsteten in der Luft wieder zu Nebel condensirt wird, der wie Rauch erscheint, so wird das Verdampfen auch Abrauchen genannt.

§. 28.

Incoërcibilität. Wir müssen annehmen, daß es noch einen weit höhern Grad von Elasticität giebt, als die luftartigen Flüssigkeiten besitzen, einen Grad, wodurch die Materie so sehr ausgedehnt wird, daß sie, obwohl noch sinnlich wahrnehmbar, doch nicht mehr sperrbar und wägbar ist. In diesem Zustande der Ausdehnung, in welchem die Cohäsionskraft als Nul anzunehmen ist, nennen wir die Materie imponderabil, unwägbar, incoërcibil, weil sie so

äußerst elastisch ist, daß sie gar keine Anziehung zur Erde zu haben scheint, mithin — wenigstens mit unsern bisherigen Wagen — nicht gewogen werden kann, und so äußerst fein, daß sie alle andere Stoffe zu durchdringen vermag. In diesem Zustande von Ausdehnung und Feinheit erscheint uns die Materie als Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus. Nach der atomistischen Theorie erklären wir diese Erscheinungen am besten dadurch, daß wir annehmen, die ausdehnenden und bewegenden Kräfte seyen geistige, für sich nicht wahrnehmbare Principien, welche mit einem Minimum von Materie als Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus erscheinen. Da das Quantum von wägbarer Materie in diesen Zuständen so äußerst gering ist, daß es gar nicht gewogen werden kann, so läßt sich begreifen, wie die wägbaren Stoffe davon durchdrungen werden können, indem letztere Porosität besitzen; und wie es kömmt, daß eben diese incoërcibilen Potenzen eine solche Wirksamkeit besitzen, daß die wägbaren Materien wahrscheinlich ohne jene kalt, starr und kraftlos wären.

Die dynamische Theorie erklärt die Erscheinungen von Licht, Wärme ꝛc. aus der Wirkung der Repulsivkraft.

§. 29.

Theilbarkeit. Da der Raum ins Unendliche theilbar ist, so muß auch dasjenige, was den Raum erfüllt, theilbar seyn. Ob aber diese Theilbarkeit, wie die dynamische Theorie sagt, gleichfalls ins Unendliche gehet, oder wie die Atomisten behaupten, ihre Grenzen hat, ist schwer zu sagen. Daß sie ans Unendliche grenzt, ist leicht einzusehen, wenn wir wissen, wie weit sich unwägbare Theilchen geruchvoller Substanzen, z. B. Moschus, in der Luft verbreiten können, um noch immer für das Geruchsorgan wahrnehmbar zu seyn,

wenn wir sehen, daß färbende Substanzen, z. B. gefärbtes Glas ihre Farbe einem großen erleuchteten Raume mittheilen können, ohne dabei am Gewichte zu verlieren. Wenn wir übrigens auch an festen und tropfbarflüssigen Körpern, z. B. bei einem kaum noch wägbaren Splitterchen Eis, bei der Theilung an gewisse Grenzen kommen, welche von der Unvollkommenheit unserer Sinne und Instrumente gesetzt werden, so wird die Theilung des kleinsten, unter dem besten Vergrößerungsglase kaum noch sichtbaren Theiles, doch wieder leicht werden, wenn wir diese Theilchen in Dampf verwandeln; und wenn wir uns ein kaum noch sinnlich unterscheidbares Theilchen Wasserdampf von der Temperatur des siedenden Wassers denken, und es bis zur Glühhitze erhitzen, so werden wir es neuerdings wieder in viele Tausende von Theilchen bringen können u. s. w., weil mit dem Grade der Erhitzung die Ausdehnung wächst. Die atomistische Theorie, welche sich mehr an die sinnliche Natur und an das verständig Begreifliche hält, muß hierbei zuletzt doch an endliche Grenzen kommen, welche die Atome besitzen, aber freilich so unaussprechlich klein gedacht werden, daß sie auch in ihrer größten Verdünnung und mit den besten Vergrößerungsgläsern nicht sinnlich wahrgenommen werden können.

Die Theilung ist übrigens zweifach, nämlich

1) mechanisch,

2) chemisch.

Die mechanische Theilung bezieht sich zunächst nur auf die gleichartigen (homogenen) Theile; die chemische hingegen auf die ungleichartigen — heterogenen. Die chemische Theilung nennt man Scheidung, Zerlegung, Analyse. Die Theile, welche man auf mechanischem Wege, z. B. durchs Zerschlagen, Zerstoßen, Zerreiben, Zerschnei-

den, Zerreißen, Abtröpfeln, Verspritzen, Durchseihen u. s. w. erhält, nennt man integrirende Theile, Ergänzungstheile, gleichartige Theile. Jene Theile aber, welche durch chemische Scheidung, z. B. durchs Auflösen, Abdampfen, Glühen u. s. w. erhalten werden, nennt man Bestandtheile, constituirende Theile, heterogene Theile, Elemente.

Erläuterung. Der Unterschied zwischen mechanischer Theilung und chemischer Scheidung läßt sich am besten durch ein Beispiel klar machen: Der rothe Queckſilberpräcipitat ist ein durchaus homogener Körper, welcher auch durch die größte mechanische Theilung, nämlich durchs Zerreiben zum feinsten Pulver, seine Gleichartigkeit nicht verliert, denn das kleinste Stäubchen davon ist noch immer rother Queckſilberpräcipitat. Wird aber dieser Körper bis zum Glühen erhitzt, so läßt er sich in zwei heterogene Theile, nämlich in einen luftartigen (Oxygen) und in Queckſilber zerlegen, wovon keiner mehr die Eigenschaften des vorigen Körpers besitzt.

§. 30.

Adhäsion. Aber auch ungleichartige Theile können auf mechanischem Wege getheilt werden, wenn sie sich nämlich nur im Zustande einer äußerlichen Aneinanderklebung oder Aufeinanderliegung oder einer Vermengung befinden, und zwar so, daß die einzelnen, heterogenen Theile (Adhäsionstheile, Gemengtheile) als solche noch sinnlich unterscheidbar sind, z. B. Quarz, Glimmer und Feldspath im Granit. Dieses wird aber richtiger Trennen genannt.

Alle Körper, welche sich mit einander in oberflächlicher Berührung befinden, hängen mit einer gewissen Kraft an

einander, und zwar so, daß immer eine größere oder geringere Gewalt (äußere Kraft) nöthig ist, um sie von einander zu trennen. Diese Kraft also, welche das oberflächliche Aneinanderhängen die Adhäsion, oder Flächenanziehung, bewirkt, nennt man gewöhnlich Adhäsionskraft; sie darf nicht verwechselt werden mit der Cohäsionskraft, welche zwischen gleichartigen Theilen statt findet (§. 18.).

Ich habe schon bei der Entwicklung der atomistischen Theorie (§. 12.) gesagt, daß die ungleichartigen Materien vermöge der geistigen Principien, welche sie beherrschen, sich gegenseitig anziehen, und ich werde in der Chemie zu zeigen suchen, daß diese Anziehung, wenn sie ungestört wirken kann, dahin strebt, die heterogenen Stoffe so mit einander zu verbinden, daß immer 1 Atom des einen mit 1 oder 2 oder 3 oder 4 u. s. w. Atomen des andern sich vereiniget. Könnte diese Anziehungskraft ungestört wirken, so müßte alle Ungleichartigkeit verschwinden und das Resultat davon wäre ein gleichartiges (chemisches) Gemisch aller Elemente der gesammten Natur im höchst elastischen Zustande, d. h. es müßte sich alles wenigstens in Luft auflösen.

Da aber die weise Einrichtung getroffen ist, daß jede Kraft durch eine andere ihr mehr oder weniger entgegengesetzte in ihrer Wirkung beschränkt und modificirt wird, so hat auch diese allgemeine chemische Anziehungskraft ihren Antagonismus in der Cohäsionskraft (§. 18.), welche nach Starrheit und Individualisirung strebt.

Der Kampf also zwischen chemischer Anziehungskraft und Cohäsionskraft zwischen Körpern, die sich oberflächlich berühren, heißt Adhäsionskraft. Indem also ungleichartige Stoffe einander zu durchdringen streben, um die verschiedenartigen Atome ins Gleichgewicht zu setzen, ziehen sie sich wechselseitig an. Sobald sie sich aber berühren, tritt

die Cohäsionskraft eines jeden festen und tropfbarflüssigen Körpers entgegen, um die Individualität zu schützen. Kann diese von jener nicht überwunden werden, so ist das Resultat dieses Kampfes Adhäsion; wird sie hingegen überwunden, so erfolgt chemische Verbindung. Aus dieser Theorie lassen sich alle Erscheinungen der Adhäsion und der chemischen Verbindung (§. 48.) erklären. Wir sehen aber auch zugleich, daß wir außer der chemischen Anziehungskraft und der ihr entgegenwirkenden Cohäsionskraft keine dritte oder eigene Adhäsionskraft dazu anzunehmen, nöthig haben, und daß diese Kraft dieselbe ist, welche ich (§. 17.) Bewegungskraft genannt habe.

Ist die Cohäsionskraft verschiedenartiger Stoffe durch die Expansivkraft eines in denselben befindlichen unwägbaren Prinzips — welches wir einstweilen Wärmestoff nennen wollen — bereits überwunden, und so zu sagen zum Schweigen gebracht, so befinden sich die Stoffe in Gaszustand; und die Chemie lehrt, daß sich verschiedene Gasarten ohne Widerstand mit einander vermischen lassen, daß also hier die Cohäsionskraft äußerst gering, oder so zu sagen, gelähmt seyn muß.

Bei tropfbaren Flüssigkeiten ist zwar die Cohäsionskraft auch noch ziemlich schwach, aber doch noch stark genug, um der chemischen Anziehungskraft einiges Hinderniß in den Weg zu legen, daher kömmt es, daß man verschiedenartige Flüssigkeiten von ungleicher Dichtigkeit auf einander schwimmen lassen kann, z. B. concentrirte Schwefelsäure, eine gesättigte Salzauflösung, reines Wasser und Weingeist, wenn man sie vorsichtig auf einander gießt, indem man sie am Rande des Gefäßes langsam hinunter laufen läßt. Bei einigen Flüssigkeiten, welche eine schwache Anziehung zu einander haben, kann diese gänzlich oder wenigstens zum Theil

von der Cohäsionskraft überwunden werden, z. B. zwischen Queckſilber und Waſſer, oder Oel u. ſ. w. Hier tritt alſo bei der Berührung entweder nur Adhäſion ein, wie zwiſchen Waſſer und Queckſilber, oder auch nur theilweiſe Miſchung und Adhäſion, wenn die Quantitäten in einer gewiſſen Proportion zu einander ſtehen, z. B. zwiſchen Waſſer und Aether.

Die Adhäſion muß in der Regel um ſo ſtärker ſeyn, je größer die chemiſche Anziehungskraft zwiſchen den berührenden Körpern iſt. Dieſes Geſetz kann aber durch verſchiedene Umſtände, z. B. durch die ſpecifiſche Dichtigkeit, durch die Textur u. ſ. w. der ſich berührenden Körper, verſchiedenartig modificirt werden.

Bei gleicher Anziehungskraft und übrigens gleichen Umſtänden iſt die Adhäſion um ſo ſtärker, je größer die ſich berührenden Flächen ſind. Daher zeigen unebene Flächen, wenn die Erhabenheiten nicht genau in die Vertiefungen paſſen, weniger Adhäſion, als die ebengeſchliffenen, weil bei jenen die Berührungsflächen weit geringer ſind.

Die Poroſität und kryſtalliniſche Struktur der Körper macht, daß, wenn zwei Körper auch ganz genau auf einander geſchliffen ſind, z. B., zwei Glastafeln, zwei Metallplatten, die Flächen doch nicht in allen Punkten ſich berühren. Wäre letzteres der Fall, ſo müßte die Adhäſion nach dem Grade der chemiſchen Anziehungskraft häufig noch ſtärker ſeyn, als die Cohäſion unter den Theilen der einzelnen Körper.

Sucht man die kleinen Vertiefungen auf den Berührungsflächen mit einem flüſſigen oder weichen Körper auszufüllen, ſo wird die Adhäſion bedeutend vermehrt. Daher adhäriren zwei Glastafeln, welche zuvor mit Waſſer benetzt worden ſind, weit feſter an einander, als wenn ſie trocken auf einander gelegt werden. Daher läßt ſich auch die Wir-

lung des Leimes und Kittes zum Theil aus dieser Vermehrung der Berührungsflächen erklären.

Leim, Mörtel, Kitte, Gelöthe u. s. w. wirken aber gewöhnlich nicht einzig durch die Vermehrung der Berührungsflächen, sondern zum Theil auch durch eine bereits angefangene chemische Verbindung, welche bis auf eine gewisse Tiefe in die Massen eingedrungen ist, und mithin bereits die Cohäsionskraft in Wirksamkeit setzt. Daher kann hier die Adhäsion so stark seyn, daß solche zusammengeleimte oder gelöthete Körper oft leichter an einer andern Stelle, als an den Berührungsflächen von einander getrennt werden können.

Zwischen gasartigen und festen, so wie auch zwischen gasartigen und tropfbarflüssigen Stoffen kann gleichfalls starke Adhäsion statt finden, z. B. zwischen Luftbläschen und den Wänden einer mit Wasser gefüllten Flasche, zwischen Luftbläschen und Queckſilber, zwischen flüchtigen und starkriechenden Stoffen und Wolle, Seide ꝛc. Uebrigens läßt sich die Anhängung des Staubes an glatte Flächen, das Schreiben mit Kreide, Bleistift u. s. w. aus den nämlichen Grundsätzen erklären.

§. 31.

Schwere. Ein wesentliches Merkmahl der Materie ist die Eigenschaft, daß sie sich aus der Entfernung gegenseitig anzieht, und wenn diese Anziehung ungehindert wirken kann, und wenn die Cohäsionskraft nicht entgegenwirkt, daß die angezogenen Theile nicht nur sich berühren, sondern sich chemisch verbinden und homogen werden, daß aber, sobald die Cohäsionskraft ins Mittel tritt, die Wirkung dieser Anziehung in der Adhäsion endiget. Diese Anziehung aus der Entfernung nennt man Schwere, Gravitation, und

die Bewegung, welche ein Körper in Folge dieser Anziehung gegen die Erde macht, heißt Fall.

Viele Physiker nehmen zur Erklärung des Falls und der Bewegung der Himmelskörper eine eigene Schwerkraft an, welche von jener Anziehungskraft, die nach Gleichartigwerdung, nach unmittelbarer Verbindung strebt, verschieden seyn soll, allein mir scheint diese Annahme überflüssig zu seyn, weil sich aus einer einzigen Anziehungskraft, und aus dem Conflicte zwischen derselben und der ihr entgegen wirkenden Cohäsionskraft und Expansivkraft alle Erscheinungen der Gravitation, der Elektricität, des Magnetismus und der chemischen Verwandtschaft ꝛc. ungezwungen erklären lassen. Die mechanischen Wirkungen, welche man Druck, Zug, Gewicht u. s. w. nennt, sind gleichfalls davon herzuleiten.

Die Stärke der Anziehungskraft ist zwischen verschiedenen Stoffen verschieden, diejenigen ungleichartigen Stoffe, welche durch ihre chemische Verbindung ihre specifischen Eigenschaften am vollständigsten verlieren und einen dritten Körper von ganz andern Eigenschaften als die vereinigten Stoffe ehevor hatten, erzeugen, besitzen im Allgemeinen die stärkste Anziehungskraft.

Aber auch die gleichartigen Stoffe besitzen dieselbe Kraft, die nach ihrer Befriedigung zur Cohäsionskraft wird, welche der Anziehungskraft ungleichartiger Körper entgegen wirkt.

Bei gleichen Anziehungskräften zwischen zweien Körpern von durchaus gleicher Dichtigkeit und Größe begegnen sich die angezogenen Körper genau in der Mitte des Raumes, welcher beide von einander getrennt hatte.

Mit der Zunahme der Größe und Dichtigkeit eines Körpers wächst auch seine Anziehungskraft, und zwar so, daß ein anderer Körper, der bei übrigens gleicher Masse dieselbe

Kraft besitzen würde, einen um so weitern Weg dem erstern entgegen kommen muß, je kleiner und geringer an Masse er ist. Wenn diese quantitative Verschiedenheit sehr groß ist, wie z. B. die der Erde und eines ihr aus der Entfernung entgegenkommenden Steines, so wird das Angezogenwerden der erstern so gering, daß sie als Nul gelten kann, so zwar, daß der ungleich größere Körper gar nicht entgegen kömmt, mithin der kleinere den ganzen Weg zurück legen muß. Dieses läßt sich sehr augenfällig durch Magnete von verschiedener Größe beweisen, welche man auf Queckſilber schwimmen läßt, oder in gewissen Entfernungen von einander an Fäden aufhängt.

Uebrigens aber mag das Verhältniß des Raumes und der Dichtigkeit seyn, wie immer, so scheint zwischen allen Stoffen die Anziehung gegenseitig zu seyn. Man ist gewohnt, die Schwere einzig nur einer der Erde eigenen Ziehkraft zuzuschreiben, allein es unterliegt keinem Zweifel, daß alle Körper, welche von der Erde angezogen werden, also auf sie hinfallen oder schon auf ihr ruhen, gleichfalls ihre Ziehkraft besitzen, und mit einer ihrer Masse proportionalen Kraft die Erde an sich zu ziehen oder zu halten streben.

Bei Körpern von gleicher Größe und Dichtigkeit, aber ungleicher Anziehungskraft, hat derjenige, welcher die geringere Anziehungskraft besitzt bei der Vereinigung einen verhältnißmäßig, um so weitern Antheil des Raumes zwischen beiden zu durchlaufen, um je geringer seine eigene Anziehungskraft ist.

Die Anziehungskraft oder Schwere strebt immer nach dem Mittelpunkte, so zwar daß, wenn unsere Erde durchaus tropfbar flüssig oder luftartig und in allen Punkten von gleicher Dichtigkeit wäre, ein auf sie aus der Entfernung

hinfallender fester Körper, wenn er nicht davon aufgelöst würde, dem Mittelpunkte zueilen, und dort seinen Ruhepunkt finden würde.

Die in Cohäsionskraft verwandelte Schwerkraft folgt fortwährend demselben Gesetze; daher sind sehr große gleichartige Körper gegen den Mittelpunkt zu immer dichter als gegen die Peripherie zu; vorausgesetzt, daß kein anderer Körper, z. B. die Nähe der Erde von Aussen darauf einwirkt. Daher besitzt auch das Meerwasser in großen Tiefen eine weit beträchtlichere Dichtigkeit, als auf der Oberfläche. Dasselbe gilt auch von der Luft, welche in Thälern immer dichter ist als auf Anhöhen.

Daher ist die Richtung, nach der ein Körper zur Erde fällt, senkrecht; man nennt sie die senkrechte, lothrechte, bleirechte Linie oder Verticallinie, Scheitellinie. Sie wird durch einen Faden, woran ein schwerer Körper befestiget ist, anschaulich dargestellt.

Weil nun die Erde rund ist, so beschreiben diesem Gesetze zu Folge Körper, welche an verschiedenen Stellen einer Hemisphäre zugleich zur Erde fallen, Winkel; wegen der Größe der Erde sind aber diese Winkel, welche zwei in kleiner Entfernung niederfallende Körper auf ihrem Wege nach dem Mittelpunkte der Erde bilden so klein, daß sie nicht gemessen werden können, mithin für Parallellinien gelten müssen.

Eine Linie oder Ebene, welche mit einer senkrechten Linie oder Ebene einen rechten Winkel bildet, oder mit andern Worten, welche auf der Linie der Schwere senkrecht steht, nennt man horizontale oder wagrechte Linie, Horizontalebene.

Erläuterung. Die Geometrie theilt den Kreis in 360 gleiche Theile, welche man Grade nennt. Jeder

Grad wird weiter in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden und jede Secunde wieder in 60 Terzien u. s. w. eingetheilt. Die Grade bezeichnet man mit einem °, die Minuten mit ′, die Secunden mit ″ und die Terzien mit ‴, z. B. 80° 24′ 15″ 6‴. Der Halbkreis hat also 180°, und man bedient sich dessen um Winkel zu messen. Taf. I Fig. 1. stellt den gewöhnlichen Winkelmesser, oder Transporteur (Instrumentum transportatorium) dar; c ist der Mittelpunkt des Kreises, eine gerade Linie vom Mittelpunkte bis zur Peripherie (z. B. von c zu b, zu d, zu h, zu k) heißt der Halbmesser (Radius), und wenn die Linie von einem Punkte der Peripherie durch den Mittelpunkt bis zum entgegengesetzten Punkt des Kreises verlängert wird, so heißt sie Durchmesser. Nehmen wir nun den Durchmesser d h als die Horizontallinie, so ist die von b aus bis zum Mittelpunkte c gezogene Linie eine senkrechte, oder Verticallinie. b, c, d bilden also einen rechten oder geraden Winkel; demnach hat jeder rechte Winkel 90°. Ein Winkel, welcher weniger als 90° hat, oder kleiner ist als ein rechter, heißt ein spitziger Winkel; der Winkel d k c z. B. ist ein spitziger von 40°; jener von k b c ist gleichfalls ein spitziger Winkel von 50°. Wenn aber ein Winkel mehr als 90° hat, mithin größer als ein rechter ist, so heißt er ein stumpfer Winkel; so z. B. ist der Winkel h k c ein stumpfer von 140°. Eine Linie oder Ebene zwischen der Horizontallinie und Verticallinie von irgend einem Punkte der Peripherie bis zum Mittelpunkte gezogen, heißt eine geneigte Linie oder Ebene. Wenn der Winkelmesser nur einen Viertelskreis beträgt, so heißt er

ein Quadrant; beträgt er nur einen Sechstelkreis, so heißt er ein Sextant. Diese Ausdrücke kommen oft in der Physik vor und sind auch denjenigen, welche Geometrie nicht studirt haben, leicht verständlich.

§. 32.

Bewegung. Die Anziehungskraft hat also Bewegung, d. h. Veränderung der Materie in Zeit und Raum, zur Folge. Einige Physiker unterscheiden absolute und relative Bewegung; erstere ist nämlich die Ortsveränderung im absoluten Raume, letztere aber im relativen Raume. Da aber der Ort oder die Lage eines Körpers nur immer in Beziehung auf einen andern erkannt wird, und da der Raum an sich und ohne Beziehung auf irgend eine Materie, d. h. der absolute Raum kein Gegenstand unserer Wahrnehmung seyn kann, da ferner Bewegung immer nur Folge von Anziehung oder Abstoßung ist, und es mithin keine absolute Anziehung und Abstoßung giebt, indem immer wenigstens zwei Potenzen vorausgesetzt werden müssen, welche auf einander wirken, so ist auch eine absolute Bewegung für uns ein Unding. Wir kennen also nur relative Bewegung, nämlich in Beziehung auf andere Materien. Und diese relative Bewegung kann dann wieder seyn

1) mechanisch,
2) chemisch,
3) mechanisch und chemisch zugleich.

Die mechanische Bewegung bezieht sich nur auf Zeit und Raum ohne Veränderung des Wesens der Materie. Die chemische Bewegung hingegen zugleich auf die innere Constitution derselben. Oder die Bewegung kann seyn

a) äußere, b) innere und c) äußere und innere zugleich.

Erläuterung. Wenn der Regentropfen zur Erde fällt, so ist dieß eine äußere mechanische Bewegung, weil der Tropfen dabei in seinem Wesen keine Veränderung erleidet. Wenn das Wasser gefriert, so ist dieß eine innere Bewegung, wobei der Aggregatzustand eine Veränderung erleidet; es ist aber auch zugleich eine chemische, weil etwas, wodurch das Wasser flüßig erhalten worden war (Wärme), ausgeschieden worden ist, und in dieser Hinsicht ist also diese Bewegung zugleich eine äußere, weil nämlich die Wärme nach Außen fortgepflanzt wird. Wenn Schwefelsäure auf Pottasche gegossen wird, so ist dieß eine äußere mechanische, und innere chemische Bewegung zugleich, indem das Niederfallen der Schwefelsäure einen äußern Raum zurück legt, und hierauf bei der Berührung mit Pottasche die Cohäsionskraft überwunden und ein neuer Körper gebildet wird, welcher in seinem Wesen weder Schwefelsäure, noch Pottasche mehr ist.

Die innere Bewegung ist immer eine chemische und äussere zugleich, weil dabei immer entweder die Constitution des Körpers verändert wird, oder dabei etwas von Innen nach Außen, oder von Außen nach Innen geht, wenn dieß auch bisweilen fast unmerklich ist. Wenn z. B. der Traubensaft gährt, so ist dieß zwar eine innere Bewegung, aber sie geht zugleich auch nach Außen, weil die Flüßigkeit zugleich sich erwärmt, ausdehnt und Gas von sich giebt. Wenn ein Salz zu Pulver zerfällt (verwittert) oder zerfließt, so ist die chemische Veränderung darin freilich oft gering, aber doch immer vorhanden, denn es

wird doch immer etwas, entweder daraus abgeschieden (nämlich Wasser) oder aus der Luft angezogen.

Die organische Bewegung — nämlich in physischer Beziehung — kann als ein Gemisch von mechanischen und chemischen Veränderungen angesehen werden, wobei nicht nur der Raum, sondern auch die Constitution oder Mischung der bewegten Körper fortwährend verändert wird. Von psychischen Bewegungen kann hier die Rede nicht seyn.

§. 33.

Arten der mechanischen Bewegung. Was die mechanische Bewegung betrifft, so kann sie sehr verschiedenartig seyn. Wir unterscheiden in dieser Hinsicht

1) drehende oder rotirende Bewegung, wenn sich nämlich ein Körper um seine Achse dreht, z. B. das Rad in der Uhr. Diese Art der Bewegung ist immer nur theilweise, und am größten in der Peripherie, während die Achse ihren Ort nicht verändert.

2) fortgehende oder progressive Bewegung, wobei der ganze Körper seinen Raum verändert, sie kann mit oder ohne rotirende Bewegung erfolgen. Die Planeten z. B. machen in ihrem Laufe um die Sonne nicht nur eine fortgehende, sondern zugleich eine rotirende Bewegung, indem sie sich fortwährend um ihre Axe drehen und so Tag und Nacht verursachen. Ein abgeschossener Pfeil hingegen eilt seinem Ziele nur mit fortgehender Bewegung entgegen.

3) oscillirende oder schwankende Bewegung, wenn ein Körper, ohne progressiv zu gehen, zwischen zwei Grenzen hin und zurück geführt wird, z. B. der Pendel. Von der Oscillation unterscheidet sich

4) die vibrirende, bebende oder zitternde Bewegung nur dadurch, daß sie in kleinen äusserst schnellen Oscillationen fortschreitet, z. B. eine durch den Strich des Geigenbogens in Bewegung gesetzte gespannte Saite, oder überhaupt alle schallende Körper. Die oscillirenden und vibrirenden Bewegungen nennt man auch Schwingungen. Von der Vibration ist ferner unterschieden

5) die Undulation oder wellenartige Bewegung indem sie sich nur auf tropfbare und luftartige Flüssigkeiten bezieht.

Ferner unterscheidet man

6) die scheinbare Bewegung von der wahren; so z. B. ist die Bewegung der Sonne um die Erde nur scheinbar, eben so bewegen sich Jemanden der auf einem Schiffe fährt die Gegenstände am Ufer nur scheinbar.

Auch ist zu unterscheiden die ruhende Bewegung, oder vielmehr das ruhende Bewegtwerden, wenn z. B. ein im Schiffe ruhig sitzender Mensch mit jenem fortbewegt wird; die beschleunigte Bewegung, wenn der bewegte Körper während der Dauer der Bewegung in gleichen Zeitabschnitten nach und nach immer größere Räume zurück legt, wie dieß beim Fall geschieht; die einfache und gemeinschaftliche oder zusammengesetzte Bewegung; die geradlinigte und krummlinigte Bewegung u. s. w.

§. 34.

Zeit und Raum der Bewegung. Da ein Körper nicht an zwei Orten zu gleicher Zeit seyn kann, so fordert er zu seiner Bewegung eine gewisse Zeit. Das Verhältniß der ver-

wendeten Zeit zu dem durchlaufenen Raume giebt die Geschwindigkeit. Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Geschwindigkeiten gerade wie die Räume, d. h. derjenige Körper, welcher in gleicher Zeit einen größern Raum zurücklegt als ein anderer, ist der geschwindere. Sind hingegen die Räume gleich, so verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Zeiten, d. h. derjenige Körper, welcher denselben Raum in kürzerer Zeit zurück legt, hat die größere Geschwindigkeit. Wenn Räume und Zeiten ungleich sind, so erhält man die Geschwindigkeiten, wenn man die Räume durch die Zeiten dividirt.

Anmerkung. Die Zeit, binnen welcher die Erde um ihre Axe sich dreht, mithin Tag und Nacht vollendet, wird mittelst der Uhr (Chronometer) gemessen, und fast allgemein in 24 gleiche Theile, oder Stunden eingetheilt, wovon aber das gewöhnliche Zifferblatt nur die Hälfte, nämlich 12 Stunden zeigt, wornach auch die Stunden des Tages und der Nacht genannt werden. Jede Stunde ist wieder in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden und jede Secunde wieder in 60 Terzien getheilt. Für sehr kleine Zeittheile hat man Terzienuhren. Nach diesem Maßstabe wird die Zeit aller kürzern Bewegungen gemessen. Längere Zeitabschnitte werden nach Tagen, Wochen, Monaten und Jahren bestimmt.

Der Raum, den ein bewegter Körper, als Punkt gedacht, zurück legt, heißt sein Weg oder seine Bahn. Die gerade Bahn wird nach dem Fuß- oder Schuhmaße gemessen. Dieser Maßstab aus der Länge des untersten Theils vom Fuße eines erwachsenen Menschen entstanden, ist in verschiedenen Ländern sehr un-

gleich *). Im Allgemeinen wird der Fuß in den geometrischen und in den gemeinen Werkfuß eingetheilt. Der geometrische oder mathematische Fuß wird überall in 10 Zoll und der Zoll in 10 Linien u. s. w. eingetheilt. 10 solcher Fuß machen eine geometrische Ruthe. Der gemeine Werkschuh hat hingegen 12 Zoll, und 1 Zoll hat 12 Linien. Der Fuß wird mit ', die Zolle mit " und die Linien mit ''' bezeichnet.

§. 35.

Größe der Bewegung. Die Menge der bewegten Masse und ihre Geschwindigkeit nennt man die Größe der Bewegung, oder das Wirkungsvermögen eines bewegten Körpers. Diese Größe der Bewegung verhält sich wie das Produkt aus der Geschwindigkeit in die Masse. Sind die Massen gleich, so richtet sich die Größe der Bewegung nach der Geschwindigkeit. Sind aber die Geschwindigkeiten gleich, so steht die Größe der Bewegung mit der Masse im geradem Verhältnisse. Wenn Massen und Geschwindigkeiten ungleich sind, so verhält sich die Größe der Bewegung eines Körpers zu der des andern wie das Produkt aus der Geschwindigkeit jedes Körpers in seine Masse.

§. 36.

Beharrungsvermögen. Denken wir uns die Materie an sich als leblos und nur durch geistige Kräfte oder durch äussere Einflüsse beweglich, so müssen wir doch annehmen, daß sie die Fähigkeit oder Kraft besitzt, Materie zu bleiben

*) Man sehe die angehängte erste Tabelle, welche das Fußmaß verschiedener Länder enthält.

und ihren Raum beharrlich zu erfüllen. Diese Fähigkeit haben die Physiker Trägheit (vis inertiae), Beharrungsvermögen genannt. Der Begriff von Beharrungsvermögen entsteht also dadurch, daß man sich das Bewegliche oder das Bewegte als etwas Verschiedenes von der bewegenden Kraft denkt.

Anmerkung. Man glaubt, daß es der vis inertiae oder dem Beharrungsvermögen zuzuschreiben sey, warum ein ruhender Körper so lange ruht bis er durch eine äussere Kraft in Bewegung gesetzt wird. Allein ich bin der Meinung, daß wir in der Wirkungssphäre unserer Erde über diesen Grundsatz nicht wohl zu entscheiden vermögen, weil die Schwere auf alle mechanischen Bewegungen Einfluß hat. Diese Schwere ist es, welche macht, daß leblose Körper immer eines äussern Impulses bedürfen, um die Anziehungskraft der Erde zu überwinden. Ein Körper ausser der Wirkungssphäre irgend eines andern Körpers im unendlichen Raume gedacht, würde höchst wahrscheinlich die ihm gegebene Bewegung nie wieder verlieren.

§. 37.

Mittheilung der Bewegung. Wenn ein Körper A in Bewegung ist, so kann er einen andern B, der sich ihm entgegengestellt, auch wieder bewegen, oder seine Bewegung abändern, und wenn dieß geschieht, so sagt man, A habe seine Bewegung dem B mitgetheilt. Durch diese Mittheilung erleidet aber A selbst eine Veränderung, indem ihm ein Theil seiner Kraft und Bewegung entzogen wird. Dieses nennt man Gegenwirkung (Reaction).

Die zur Bewegung eines widerstehenden Körpers B angewandte Kraft des A kann aber nur in so ferne vermindert

werden, als A in B Widerstand findet, denn ohne allen Widerstand könnte gar keine Wirkung von A auf B, mithin auch keine Kraftverminderung bei A statt finden. Diese Wirkung und Gegenwirkung sind sich immer einander gleich; d. h. A verliert um so viel mehr an Kraft, je größer der Widerstand des B ist, und so umgekehrt.

Diese Wirkung bewegter Körper aufeinander durch Mittheilung ihrer Bewegung, heißt eine mechanische Wirkung; sie gründet sich einzig nur auf Cohäsionskraft, denn so bald diese entweder zu schwach ist um Widerstand zu leisten oder überhaupt zu wirken aufhört, tritt chemische Wirkung ein. Die organischen Wirkungen, z. B. die Bewegung des Blutes in den Gefäßen, sind als ein Verein von mechanischen und chemischen Wirkungen zugleich anzusehen.

§. 38.

Gewicht. Wenn das Angezogenwerden eines Körpers von der Erde seine Schwere ausmacht, und wenn jeder Körper aus kleinsten Theilen besteht, wovon jedes gleich schwer ist, so muß ein Körper um so stärker von der Erde angezogen werden, d. h. um so geschwinder zur Erde fallen und um so stärker auf selbe drücken, aus je mehr Theilchen oder Atomen er besteht, d. h. je größer seine Masse ist; und dieses Produkt seiner Masse in die Schwere nennen wir sein Gewicht.

Wir unterscheiden

1) das absolute Gewicht,
2) das relative Gewicht,
3) das specifische Gewicht eines Körpers.

§. 39.

Absolutes Gewicht. Die Größe der Wirkung der irdischen Anziehungskraft auf einen gegebenen Körper überhaupt, d. h. der Druck, den er zufolge der Schwerkraft auf einer horizontalen Unterlage ausübt, nennen wir sein absolutes Gewicht; wiege ich z. B. ein Stück Blei und finde, daß es genau ein Pfund wiegt, so ist dieß sein absolutes Gewicht.

§. 40.

Relatives Gewicht. Vergleichen wir aber das absolute Gewicht mehrerer Körper mit einander, ohne Rücksicht auf ihr Volumen, so kann man dieß ihr relatives Gewicht nennen; so z. B. ist das relative Gewicht einer Drachme 60 mal so groß als jenes eines Grans. Einige Physiker verstehen aber unter relativem Gewichte auch das Gewicht, welches ein Körper in irgend einer Flüssigkeit gewogen besitzt. Wiege ich z. B. ein Stückchen Zink in der Luft und finde es 98 Gran schwer, so nennen wir dieß sein absolutes Gewicht. Befestige ich es nun an ein Haar und lasse es so an einer Waagschale hängend in Wasser untertauchen, so werde ich finden, daß es jetzt etwa nur 84 Gran, also bedeutend weniger wiegt als in der Luft. Diese Gewichte nun in der Luft und in Wasser können wir auch die relativen Gewichte dieses Stückchens Zink nennen. Das relative Gewicht in verschiedenen Gasarten oder bei verschiedenem Zustande der Verdünnung der atmosphärischen Luft oder in verschiedenen Flüssigkeiten, z. B. in Oel, Weingeist, Aether gewogen, wird immer ein bestimmtes Verhältniß zur Dichtigkeit des Mediums, in welchem die Wägung geschieht, beobachten, und dieses Verhältniß drückt in dieser Beziehung das relative Gewicht aus. Da aber die Luft, welche die Körper auf der Erde umgiebt, alle Eigenschaften einer wäg-

baren flüssigen Materie besitzt, so folgt hieraus, daß selbst in freier Luft jeder Körper einen Theil seines Gewichts verliert, daß also alle Gewichte der Körper, wie sie im luftvollem Raume erscheinen, in dieser Beziehung nur relative Gewichte sind. Eine Masse Wasser, welche in freier Luft nur 849 Gran wiegt, wird im luftleeren Raume 850 Gran wiegen. Wir erfahren also beim gewöhnlichen Abwiegen nie das wahre Gewicht ganz genau, weil die Luft die Wirkung der Schwere etwas verringert, und weil sogar auch das Einlegen in die Waagschale schon das absolute Gewicht etwas — wenn auch nur unmerklich — verringert. Je größer der Raum ist, den ein Körper einnimmt, desto mehr Luft treibt er aus der Stelle und desto mehr verliert er also auch an seinem wahren absoluten Gewichte. Da nun die Wärme alle Körper ausdehnt, so sind sie — auf einer sehr empfindlichen Wage gewogen — im erhitzten Zustande etwas leichter als nach dem Erkalten. Dieses Leichterwerden mag auch bei vielen Körpern der Porosität zugeschrieben werden, indem beim Erhitzen die Luft aus den feinen Poren getrieben wird, wodurch sich nothwendig das Gewicht des erhitzten Körpers verringern muß. Diese Gewichts-Abnahme durchs Erhitzen findet man am besten bei luftartigen Stoffen, die sich in der Wärme sehr ausdehnen, wenn man z. B. in eine Rindsblase etwas Luft einsperrt, und hierauf so weit erhitzt, daß die Blase ganz damit erfüllt erscheint, so wird sie in diesem Zustande etwas weniger wiegen als vorher in freier Luft. Diese Erscheinungen haben zum Theil die Hypothese von der negativen Schwere veranlaßt, nach welcher es Stoffe geben soll, die das Bestreben haben, sich von der Erde zu entfernen, mithin weniger als Gewicht haben und die Körper leichter machen; darunter gehörte auch der Wärmestoff. Der Gewichtsverlust, welchen die Körper

durch den Widerstand der Luft erleiden, ist übrigens so gering, daß er vorzüglich beim Abwägen kleiner Massen als Nul anzunehmen ist.

Jede Gewichtsbestimmung kann überhaupt nur relativ, d. h. durch Vergleichung geschehen. Man bedient sich dazu am besten metallner Gewichte nach verschiedenen Abstufungen. Größere Gewichte hat man von Eisen, mittlere und kleinere aber gewöhnlich von Messing oder Silber. Metall ist in jeder Beziehung unter allen Stoffen zur Verfertigung der Gewichte am geeignetsten, weil es sich leicht bearbeiten läßt, bei beträchtlicher Schwere einen geringen Raum einnimmt, und beständig ist. Man hat zwar auch steinerne Gewichte, allein sie taugen weniger, weil der Stein bei gleichem Gewichte ein größeres Volumen besitzt, als Eisen oder Messing, weil er sich nicht so leicht genau adjustiren läßt, indem beim Bearbeiten leicht beträchtliche Splitter abspringen, und endlich beim Gebrauche sich eher abnützt, oder gar durchs Zerklüften oder Zerbrechen unbrauchbar wird.

Anmerkung. Zu mannichfaltigen Zwecke des praktischen Lebens hat man verschiedene Gewichte und Eintheilungen desselben in den meisten Ländern. Man unterscheidet fast überall das Handels- oder Civilgewicht, das Gold- und Silbergewicht und das Apothekergewicht. Das Civilgewicht wird eingetheilt in Centner, Pfund, Loth und Quentchen. 4 Quent. machen 1 Loth, 32 Loth betragen 1 Pfund, und 100 Pf. sind gleich 1 Centner. Das Gold und Silbergewicht heißt auch Markgewicht, und wird in Mark, Unzen, Loth, Karat, Quent, Pfennige, Gärn, und Hellergewicht eingetheilt.

Das Apothekergewicht heißt auch Medicingewicht

und ist in Pfund, Unzen, Drachmen, Skrupel und Gran eingetheilt*).

§. 41.

Specifisches Gewicht. Verschiedene Körper haben bei gleichem Volumen ein ungleiches Gewicht, und dieses Verhältniß des Gewichtes der Körper bei gleichen Volumen nennt man ihr specifisches Gewicht, ihre eigenthümliche Schwere, ihre specifische Dichtigkeit. Bei Flüssigkeiten kann man dasselbe sehr leicht unmittelbar finden; man fülle z. B. ein Fläschchen, welches genau 1000 Gran Wasser faßt, mit Weingeist, so wird man finden, daß, wenn das Fläschchen damit genau so voll wie mit Wasser gemacht wird, dasselbe Volumen Weingeist weit weniger, etwa nur 800 Gran wiegt, daß also diese Flüssigkeit specifisch leichter ist als Wasser. Füllen wir hingegen dasselbe Fläschchen mit concentrirter Schwefelsäure, so wird das Gewicht derselben etwa 1840 betragen, folglich ist diese Flüssigkeit specifisch schwerer als Wasser, und füllen wir das Fläschchen gar mit Queckfilber, so werden wir finden, daß dieses 15612 Gran wiegt, also mehr als fünfzehenmahl so schwer ist als Wasser. Man findet also das specifische Gewicht nur durch Vergleichung; und wenn wir in den gegebenen Beispielen das specifische Gewicht des Wassers als 1000 ausdrücken, so ist das des Weingeistes 800, jenes der Schwefelsäure 1840 und jenes des Queckfilbers 15612.

Als Vergleichungs-Punkt muß man das specifische Gewicht einer bekannten Substanz als Einheit annehmen, um

*) Eine Vergleichung der Gewichte verschiedener Länder findet man auf der angehängten zweiten und dritten Tabelle.

das Gewicht anderer Substanzen bei gleichem Volumen darnach bestimmen zu können. Dazu wurde für feste und tropfbarflüssige Substanzen das reine destillirte Wasser, oder Regenwasser, bei einer bestimmten Temperatur etwa von 10 bis 14° R. genommen, weil es überall leicht zu haben ist, um sich dessen bei der Bestimmung des specifischen Gewichts verschiedener Körper bedienen zu können, indem es in allen Gegenden der Erde unter gleichem Luftdrucke und bei gleicher Temperatur durchaus gleich ist, und endlich, da es im flüssigen Zustande leicht in einem beliebigen Volumen gemessen, oder von festen Körpern, welche schwerer sind, verdrängt werden kann, um daraus das Volumen der letztern zu bestimmen. Das specifische Gewicht desselben drückt man mit 1 oder 1000 aus. Bezeichnet man es mit 1, so muß das spec. Gewicht leichterer Substanzen in Decimal-Bruchtheilen ausgedrückt werden; in dem gegebenen Beispiele würde also das specifische Gewicht des Weingeistes mit 0,800 bezeichnet werden. Drückt man aber das spec. Gewicht des Wassers mit 1000 aus, so ist es bequemer sowohl aufwärts als abwärts das spec. Gewicht der übrigen Körper mit ganzen Zahlen zu bezeichnen. Zur Bestimmung luftartiger Flüssigkeiten bedient man sich der atmosphärischen Luft, als Anhaltepunkt.

Woher kömmt es nun, daß verschiedene Körper bei gleichem Volumen so ungleich am Gewichte sind, wamm ein Würfel Eisen von einer Größe, in welcher das Wasser 1000 wiegt, 7700 und ein gleich großer Würfel Gold gar 19200 am Gewicht beträgt? Wir müssen annehmen, daß verschiedene Körper bei gleicher Dichtigkeit und gleichem Volumen entweder verschiedene Anziehungskraft mit der Erde haben, oder daß die Ausdehnung einer gleichen Quantität Materie in verschiedenen Körpern sehr ungleich ist, d. h.

daß in einem gleichen Raume mehr als 19mahl so viel wägbarer Stoff im Golde als im Wasser enthalten ist. Diese letztere Ansicht gewinnt die größte Wahrscheinlichkeit, wenn wir sehen, daß das specifische Gewicht mit der Festigkeit und Dichtigkeit der Körper zunimmt, während die luftartigen Flüssigkeiten immer das geringste specifische Gewicht haben. Im Sinne dieser Ansicht bedient man sich daher auch des Ausdruckes „specifische Dichtigkeit."

Indessen läßt sich doch nicht läugnen, daß verschiedene Körper bei gleichem Volumen und wenigstens scheinbar gleicher Dichtigkeit doch ein sehr ungleiches Gewicht haben, was daher zu kommen scheint, daß das specifische Gewicht nicht nur von der specifischen Dichtigkeit, sondern auch von der specifischen Anziehung, welche zwischen Erde und den verschiedenen Materien statt findet, abhängt.

§. 42.

Bestimmung des specifischen Gewichts im Allgemeinen. Da das Gewicht eines Körpers bei durchaus gleichem Volumen und gleicher Dichtigkeit und bei gleichen äussern Verhältnissen immer dasselbe ist, so gehört das specifische Gewicht zu den wesentlichsten und wichtigsten Merkmalen, um die Identität oder Reinheit eines Körpers daraus zu erkennen. Wenn z. B. ein Metallgemisch dem Golde noch so täuschend ähnlich ist, so wird es doch immer ein ganz anderes specifisches Gewicht haben, und wenn Weingeist auch nur so wenig Wasser mehr oder weniger enthält, daß es durch den Geschmack und durch die Brennbarkeit nicht erkannt werden kann, so läßt es sich doch sogleich und mit aller Zuverläßigkeit aus dem specif. Gewichte erkennen. Daher ist es auch in der Mineralogie eines der wichtigsten Merkmale um darnach ein Mineral von andern zu unterscheiden.

Vor allem ist nothwendig, daß man eine genaue und zuverlässige Wage habe, welche wenigstens noch $\frac{1}{10}$ Gran richtig angiebt. Es ist eben nicht nöthig, daß es eine sogenannte hydrostatische Wage (Fig. 3.) sey, jede gute Gran- oder Probirwage kann dazu dienen; auch versteht sich von selbst, daß die Gewichts-Abtheilungen möglichst genau seyn müssen.

Man wiegt den Körper, dessen specifische Dichtigkeit bestimmt werden soll, unter einem beliebigen Volumen zuerst in der Luft und bestimmt hierauf das Gewicht eines eben so großen Volumens Wasser. Wird nun das erstere Gewicht durch letzteres dividirt, so erfährt man im Quotienten das gesuchte specifische Gewicht des Körpers. Bei luftartigen Flüssigkeiten aber füllt man ein Gefäß, wovon man weiß, wie viel es atmosphärische Luft dem Gewichte nach enthält, mit dem zu bestimmenden Gase, wiegt es, und macht darnach die Berechnung.

Bei allen diesen Bestimmungen ist es durchaus nothwendig, daß die zu untersuchende Substanz und das Wasser oder die zu bestimmende Luftart und die atmosphärische Luft gleiche Temperatur haben, oder wenn dieß nicht möglich ist, daß man nach der Ausdehnung, welche die Körper bei bestimmten Wärmegraden erleiden, nachher die Correktion vornehme; weil die Körper in der Wärme ausgedehnt und specifisch leichter werden. Am besten ist es, wenn die Bestimmung bei mittlerer Temperatur, nämlich bei 10 bis 14° R. gemacht werden kann. Auch ist es unerläßlich, daß das Wasser oder die Luft, womit die Bestimmung vorgenommen wird, ganz rein sey; denn wenn das Wasser Luft enthält, so ist es specifisch leichter, enthält es aber erdige und salzige Theile, wie dieß beim Brunnen- und Quellwasser gewöhnlich der Fall ist, so hat es ein größeres specifi-

sches Gewicht. Dasselbe gilt auch von der Luft. Enthält sie viel Wasserdampf, so ist sie specifisch leichter, ist sie aber mit Kohlensäure durchs Athmen, Brennen, Gähren u. s. w. verunreiniget worden, so besitzt sie ein größeres specifisches Gewicht.

§. 43.

Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper. Bei Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper kömmt es zuerst darauf an zu wissen, ob der Körper in Wasser auflöslich oder unauflöslich, dann ob er specifisch schwerer oder leichter ist als Wasser, weil nach diesen Rücksichten die Bestimmungs-Methoden modificirt werden müssen.

1) Feste Körper, die in Wasser unauflöslich und schwerer als Wasser sind.

In den meisten Fällen reicht man mit einem Gläschen mit eingeriebenem Stöpsel oder mit aufgeschliffenem Glastäfelchen hin.

Anmerkung. Das Fläschgen lasse man möglichst dünn in der Glasmasse blasen, damit die Wage nicht zu sehr mit der Tara beschwert werde, und die Oeffnung lasse man so weit machen, daß wenigstens eine große Erbse durchgeht, damit krystallisirte Mineralien oder andere Körper, welche man nicht gerne oder nicht leicht zerbrechen mag, in ganzen Stücken eingebracht werden können. Auch muß das Gläschen eine solche Gestalt haben, daß das Wasser bis auf den letzten Tropfen ausgegossen werden kann, und daß man im Stande ist, es mit feiner Leinwand oder mit Löschpapier gut auszutrocknen. Ferner ist es sehr vortheilhaft, wenn der Hals oben eben abgeschliffen und nicht umgebogen ist, damit es von Außen überall

leicht abgetrocknet werden kann. Endlich lasse man den Stöpsel hohl und so niedrig wie möglich machen, damit er gleichfalls ein möglichst geringes Gewicht habe. Unten muß dieser Stöpsel eben geschliffen oder etwas convex und durchaus ohne Vertiefung seyn, damit sich kein Luftbläschen daran festsetzen kann. Wenn das Gläschen 200 bis 300 Gran Wasser faßt, so ist es hinreichend groß. Die Gestalt, wie sie Taf. I. fig. 2. abgebildet ist, scheint mir die zweckmäßigste zu seyn.

Verfahren: Zuerst tarirt man das Glas, füllt es ganz eben voll mit destillirtem Wasser, setzt den Stöpsel auf und sieht, ob nirgends ein Luftbläschen zurückgeblieben ist, findet man, daß alles in Ordnung ist, so trocknet man das Fläschgen von Außen sorgfältig ab, und bestimmt nun das Gewicht des Wassers. Dieses und das Gewicht des leeren Fläschgens (oder die Tara) kann man ein für allemal auf dem Gläschen mit Diamant anmerken.

Hierauf wiege man den Körper, dessen specifisches Gewicht man wissen will, in der Luft, um das absolute Gewicht desselben zu bestimmen, und merke dieses Gewicht an. Dann bringe man denselben in das Fläschgen, fülle es, wenn es nicht schon geschehen ist, ganz mit Wasser und verfahre wie vorhin. Man wird finden, daß jetzt das relative Gewicht des Wassers und des zu prüfenden Körpers zusammen weniger beträgt als das absolute Gewicht beider einzeln, weil nämlich der Körper genau so viel Wasser aus dem Fläschgen verdrängt hat, als sein eigenes Volumen beträgt. Hier haben wir also ein gleiches Volumen von Wasser und von dem Körper, es fragt sich also nur noch, wie viel wiegt dieses Volumen Wasser, um sogleich das specifische Gewicht des Körpers zu erkennen. Um also dieses Gewicht des verdrängten Wasservolumens zu finden,

wiegt man das Fläschgen mit dem Körper sammt dem Wasser; was sie zusammen weniger wiegen als zuvor einzeln, d. h. der Gewichtsverlust, drückt dieses Gewicht des gleichen Volumens Wassers aus. Man darf also nur rechnen: wie sich dieser Gewichtsverlust zum absoluten Gewicht des Körpers verhält, so verhält sich 1 (oder 1000) zu x (dem gesuchten specifischen Gewichte), man braucht also nur das absolute Gewicht des Körpers, mit dem Gewichte des verdrängten Wassers zu dividiren und der Quotient wird jedesmal das gesuchte specifische Gewicht anzeigen. Bei dem ganzen Verfahren braucht man überhaupt keine andere Rechnungsart anzuwenden, als Subtraction und Division.

Beispiel: Das absolute Gewicht eines Minerals sey . . . . . = 520 Gran

Der Gewichtsverlust im Wasser = 80 —

also 80 : 520 = 1 : x folglich $\frac{520}{80}$ = 6,500 = x.

Dieses Verfahren ist bei kleinen Körpern, welche man in das Fläschgen bringen kann (gleichviel ob im Ganzen oder als Pulver), das sicherste und bequemste.

Mittelst der hydrostatischen Wage erhält man das specifische Gewicht zwar weniger bequem, aber eben so genau. Man bedient sich derselben bei größern Körpern, welche man nicht in das Gläschen bringen kann, auch nicht zerkleinern will.

Verfahren: Binde den Körper an ein Menschenhaar (oder auch Pferdehaar) an die eine Wagschale einer genauen Wage, wiege ihn so zuerst in der Luft um sein absolutes Gewicht zu erfahren, und lasse ihn dann in einem Glas Wasser untertauchen. Der Körper wird hier ebenfalls soviel von seinem Gewichte verlieren, als ein gleiches Volumen Wasser wiegt. Hat man auf der andern Wagschale das absolute Gewicht liegen lassen, so läßt sich dieser Ge-

wichtsverlust ohne Rechnung finden, wenn man auf die Wagschale, woran der in Wasser eingetauchte Körper hängt, so viel Gewicht legt bis die Wage wieder im Gleichgewichte sich befindet; dieses eingelegte Gewicht zeigt den Gewichtsverlust oder das specifische Gewicht des Wassers an. Die Rechnung ist wie vorhin; es wird nämlich mit diesem Gewichtsverluste in das absolute Gewicht des Körpers dividirt.

Es versteht sich, daß beim Eintauchen in das Wasser der Körper darin frei schweben muß, ohne auf dem Boden noch an den Wänden des Gefäßes anzustoßen. Zur größern Bequemlichkeit läßt man bei hydrostatischen Wagen die eine Schale möglichst kurz aufhängen, und unten mit einem Häckchen versehen, um einen Cylinder darunter stellen und den festen Körper in der Flüssigkeit eintauchen zu können. (Fig. 3.)

Dr. Coatés hydrostatische Wage will ich hier im Vorbeigehen berühren. Sie dient dazu, das specifische Gewicht der Mineralien und anderer Körper ohne Rechnung zu bestimmen. Es ist eine gewöhnliche Schnellwage, deren kürzerer Arm ungetheilt ist, wogegen sich am längern Arme eine Theilung befindet, die vom Ende des Wagbalkens an, mit einer Zahl bezeichnet ist, welche den Quotienten der Länge der ganzen Skale, dividirt durch die Entfernung der Theile vom Ende, darstellt, so steht 2 auf der Hälfte der Länge, 3 auf ein Drittel ꝛc. bis zum specifischen Gewichte des Platins. Wenn man das Instrument gebraucht, so hängt man ein angemessenes Gewicht an einem Haken an den Einschnitt des Endes am längern Arm. Das Mineral wird dann an das andere Ende mit einem Pferdehaare gehängt, so daß es mit dem Gewichte im Gleichgewichte ist. Es wird hierauf in Wasser gesenkt, ohne seinen Platz an der Schnellwage zu verrücken, und das Gleichgewicht zum zweitenmahl durch Versetzung des Gewichts hergestellt. Als-

dann zeigt der Einschnitt, wo das Gewicht hängt auf der Skale das specifische Gewicht.

Da diese Wage nur für solche Körper zu gebrauchen ist, welche eine zusammenhängende dichte Masse ausmachen, specifisch schwerer als Wasser, und darin unauflöslich sind, und da sie überdieß nicht viel bequemer ist, als die gewöhnliche hydrostatische Wage, welche man für alle Körper, sie mögen leichter oder schwerer, auflöslich oder unauflöslich, fest oder flüssig seyn; und überdieß noch für andere genaue Abwägungen gebrauchen kann, so halte ich erstere für ganz entbehrlich.

2) Feste Körper, welche im Wasser auflöslich sind. Um hier das specifische Gewicht zu finden, wählt man statt Wasser eine Flüssigkeit, welche auf den Körper nicht einwirkt, z. B. Weingeist, Aether, Terpentinöl, Steinöl ꝛc.

Verfahren: Zuerst bestimmt man das specifische Gewicht der Flüssigkeit,

hierauf das absolute Gewicht des Körpers,

dann wird der Gewichtsverlust in der Flüssigkeit bestimmt.

Die Berechnung ist die nämliche, wie bei den in Wasser unauflöslichen festen Körpern, jedoch mit dem Unterschiede, daß man statt 1 das specifische Gewicht der Flüssigkeit, worin der Körper gewogen worden ist, ansetzt, wodurch man vor der Division erst eine Multiplication machen muß.

Beispiel: Das specifische Gewicht eines in Wasser auflöslichen Salzes in Weingeist zu finden:

das specifische Gewicht des Weingeistes sey 0,820

das absolute Gewicht des Salzes = . . 100 Gran

der Gewichtsverlust in Weingeist = . . 40 —

Also $\frac{100 . 0{,}820}{40} = 2{,}050 = x$

3) Feste Körper, welche in Wasser unauflöslich, aber leichter als Wasser sind.

Verfahren: Man wägt den Körper in der Luft und bindet hierauf an denselben einen schwerern Körper, dessen absolutes Gewicht, und Gewichtsverlust im Wasser bekannt ist, z. B. Silber-, Gold- oder Platindraht, und verfährt übrigens wie mit einem in Wasser unauflöslichen schwerern Körper, nur mit dem Unterschiede, daß man von dem ganzen Gewichtsverluste im Wasser den schon bekannten Gewichtsverlust des Metalls zuvor abzieht, um den Gewichtsverlust des fraglichen Körpers selbst zu finden, hierauf rechnet man: wie sich dieser Gewichtsverlust zu dem absoluten Gewichte des Körpers verhält, so verhält sich 1 zu x.

Beispiele: Ein Stück Holz wiegt in der Luft 27 Gran
Mit Platindraht verbunden . . . 1262 —
Gewicht des Platindrahts (1262 — 27) = 1235 —
Der Draht verliert für sich im Wasser . 119 —
Holz und Platin zusammen verlieren . 168 —
Also verliert das Holz allein (168 — 119) = 49 —

Also $\frac{27}{49} = 0{,}551 = x$

4) Feste, aber pulverige Substanzen, welche unauflöslich, aber leichter als Wasser sind.

Verfahren: Am bequemsten findet man das specifische Gewicht solcher Körper mittelst des Probegläschens (Fig. 2.) auf folgende Weise: Nachdem man das Gewicht des Wassers kennt und das Fläschgen wieder entleert hat, wiege man die zu prüfende Substanz in der Luft, bringe sie hierauf in das Fläschgen, und fülle den übrigen Raum sorgfältig mit Wasser, daß alle Luft ausgetrieben wird. Der Inhalt wiegt nun weniger, als mit Wasser allein gefüllt. Dieser Gewichts-

verlust ist dem Gewichtsverlust der Substanz in Wasser gleich. Wie sich also dieser zum absoluten Gewichte verhält, so verhält sich 1 zu x.

Beispiel: Ein vegetabilisches in Wasser unauflösliches Pulver wiege . . . 20 Gran
Das Wasser im Fläschgen wiege . . . 300 —
Das Wasser nebst dem Pulver . . . 253 —
Also Gewichtsverlust (300 — 253) = . . 47 —
Mithin $\frac{20}{47}$ = 0,4255 = x

5) Feste aber pulverige, das Wasser einsaugende und darin untersinkende Körper. Mehrere poröse, in Wasser unauflösliche Körper, wie Sandstein, enthalten viel Luft und saugen beim Benetzen Wasser ein, wodurch sie sehr am Gewichte zunehmen, mithin ein falsches Resultat geben würden, wenn man ihr specifisches Gewicht unmittelbar bestimmen wollte.

Verfahren: Man trockne daher einen solchen Körper zuerst stark aus, und wäge ihn in der Luft. Dann lasse man denselben so lange in Wasser liegen, bis er nichts mehr einsaugt, wäge ihn hierauf wieder, und bemerke die Gewichtszunahme. Darauf wäge man ihn im Wasser. Zu dem sich dabei ergebenden Gewichtsverluste addire man die durch Einsaugen des Wassers erhaltene Zunahme, und verfahre dann wie gewöhnlich.

Beispiel: Ein Stück trockner Sandstein wiegt 200 Gran
Mit Wasser vollgesogen . . . . 204 —
Dieser vollgesogene Sandstein verliert im Wasser von seinen 200 Gran absoluten Gewicht 86 —
Dazu die 4 Gran eingesogenes Wasser = . 90 —
Folglich $\frac{200}{90}$ = 2,222 = x

Anmerkung. Soll das Resultat richtig seyn, so darf sich der Körper beim Einsaugen des Wassers nicht zugleich aufblähen, wie z. B. Schwamm.

§. 44.

Bestimmung des specifischen Gewichtes tropfbarer Flüssigkeiten.

Nichts ist leichter als die Bestimmung des specifischen Gewichts einer tropfbaren Flüssigkeit, es mag dieselbe schwerer oder leichter als Wasser seyn; man bedarf dazu nur des Probefläschgens (Fig. 2).

Verfahren: Nachdem man weiß, wie viel Wasser das Fläschgen faßt, trockne man es sorgfältig aus, fülle es hierauf mit der zu prüfenden Flüssigkeit und wiege dieselbe. Wie sich das absolute Gewicht des Wassers zu dem Gewichte der zu prüfenden Flüssigkeit verhält, so verhält sich 1 zu x.

Beispiel: Das Fläschgen voll Wasser wiege 516 Gran
voll Salzsäure . . . 616 —

Also $\frac{616}{516} = 1{,}193 = x$

Mittelst der hydrostatischen Wage läßt sich das specifische Gewicht der Flüssigkeiten gleichfalls mit möglicher Genauigkeit ausmitteln, jedoch ist das Verfahren dabei etwas umständlicher, und bei sehr flüchtigen Substanzen mit Verlust verbunden.

Verfahren: Man bedient sich hierzu eines offenen Cylinders, in welchen man die zu prüfende Flüssigkeit bringt, um darin den Gewichtsverlust eines unauflöslichen schweren Körpers zu finden, und mit dem Gewichtsverluste im Wasser zu vergleichen. Am besten wendet man hierzu einen Glastropfen an, der an einem höchst feinen Platindraht oder an einem Pferdhaar aufgehängt ist, weil das Glas von keiner Flüssigkeit merklich angegriffen wird.

Diesen Glastropfen wiegt man zuerst in der Luft, dann im Wasser und zuletzt in der zu prüfenden Flüssigkeit. Wie sich nun der Gewichtsverlust des Glastropfens im Wasser zu dem Gewichtsverlust in der zu prüfenden Flüssigkeit verhält, so verhält sich 1 zu x.

Beispiel: Der Glastropfen verliert im Wasser von seinem Gewichte . . . 735 Gran
in einer Salzlauge . . . 774 —

Also $\frac{774}{735} = 1{,}053 = x$

Anmerkung. Um das Gewicht des Glastropfens und seinen Gewichtsverlust im Wasser nicht immer aufs Neue bestimmen zu müssen, kann man das Resultat dieser Bestimmung ein für allemal anmerken.

§. 45.

— Aräometrie. Das specifische Gewicht der Flüssigkeiten kann auch durch Senkwagen, Aräometer, Gravimeter bestimmt werden, zwar nicht mit der Genauigkeit, wie mit der Wage, aber doch in der kürzesten Zeit, und in vielen Fällen mit genügender Genauigkeit.

Es giebt Aräometer a) mit Skalen,
b) mit Gewichten.

1) Aräometer mit Skalen sind cylindrische oder bauchige Gläser unten mit Queckſilber oder mit Blei beschwert, damit das Instrument senkrecht in der Flüssigkeit schwimmt, und oben mit einer Röhre, in welcher die Skale befestiget ist (Fig. 4). Der Gebrauch der Aräometer beruht auf dem hydrostatischen Grundsatze, daß ein schwimmender Körper von unveränderlichem Gewichte um so tiefer eintaucht, je leichter die Flüssigkeit ist, in welcher er schwimmt. Den Grad des

Eintauchens sieht man auf der in der Röhre befestigten Skale. Man hat Aräometer für Flüssigkeiten, welche leichter sind als Wasser, und wieder andere für schwere Flüssigkeiten.

Gewöhnlich sind die Grade zwischen 0 und 40 oder 50 oder 80 ganz gleich weit von einander entfernt, und in diesem Falle wird das gesuchte specifische Gewicht durch Tabellen gefunden, welche sich auf diese Grade beziehen.

Die bekanntesten Aräometer dieser Art sind die von Beaumé und Beck*). Oder die Grade bezeichnen unmittelbar das specifische Gewicht, oder auch nur den Gehalt einer Flüssigkeit, z. B. des Weingeistes an absoluten Alkohol und Wasser, diese Grade sind also nicht gleichweit von einander entfernt. Die bekanntesten Aräometer dieser Art sind die von Richter, Tralles, Meißner.

2) Aräometer mit Gewichten geben das specifische Gewicht weit genauer an, als jene mit Skalen, ja sie kommen an Genauigkeit der hydrostatischen Wage fast gleich. Man kann sie auch zur Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper mit Vortheil gebrauchen. Nur muß ich dabei bemerken, daß sie da, wo die hydrostatische Wage zu Gebote steht, nicht viel mehr Bequemlichkeit und Schnelligkeit in der Bestimmung darbieten als letztere. Nur auf Reisen haben diese Gewichts-Aräometer, besonders für den Mineralogen, wesentliche Vorzüge, weil sie bequem in ein

---

*) Vergleiche die angehängte neunte Tabelle.

blechernes Futteral, welches zugleich als Gefäß für das Wasser dient, gepackt werden können, nicht kostspielig und wenig zerbrechlich sind. Das erste dieser Gewichts-Aräometer ist von Fahrenheit erfunden worden. Ein verbessertes Aräometer dieser Art, ist das von Nicholson, es ist sehr bekannt unter dem Namen Nicholsonische Wage.

Beschreibung: (Fig. 5.) Ein hohler Cylinder a (gewöhnlich von Weißblech, Messing oder Silber) unten mit einem umgekehrten Kegel (Senker b) von demselben Metall und mit so viel Blei ausgegossen, daß das Instrument ohne sonstige Beschwerung bis gegen das obere Ende des Cylinders a in Wasser senkrecht schwimmt.

Auf dem hohlen Cylinder steht ein etwa 3 Zoll langer Draht c empor, welcher oben ein Schälchen d oder eine dreiarmige Stütze für ein hierauf zu stellendes Schälchen trägt. Darauf wird das Schälchen e mit den Gewichten gesetzt.

Das ganze Instrument muß leichter seyn, als die leichteste Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht man damit bestimmen will.

Gebrauch: Zur Bestimmung des specifischen Gewichts einer tropfbaren Flüssigkeit fülle man zuerst einen blechernen oder gläsernen Cylinder, welcher zugleich als Futteral für das ganze Instrument dient, so weit mit destillirtem Wasser, daß das Aräometer frei darin schwimmt und bis über die Mitte des Drahtes, darin untertauchen kann, ohne den Boden des Gefäßes zu berühren. Nun lege man auf das Schälchen so viele Gewichte, daß der Träger c bis etwa zur Hälfte im Wasser untertaucht. An dieser Stelle kann man in den Draht mittelst einer Feile einen Einschnitt machen, um sie für immer zu bezeichnen. Dieses Ge-

wicht, sammt dem Gewichte des Aräometers ist gleich dem Gewichte eines dem eingetauchten Instrumente gleichen Volumens destillirten Wassers.

Wird nun das Aräometer in die zu prüfende Flüssigkeit getaucht, und legt man so viel Gewicht auf oder nimmt von dem vorigen Gewichte so viel weg, bis die Flüssigkeit genau bis an den Einschnitt c reicht, so ist das Gewicht des Instruments mit dem Schälchen plus dem aufgelegten Gewichte, gleich dem Gewichte eines dem Volumen des eingetauchten Instruments gleichen Volumens der Flüssigkeit.

Beispiel: Das Instrument wiege 1000 Gran
und brauche noch . . . . 314 —
also zusammen . . . . . 1314 Gran.

Im Weingeist aber nur

1000 + 65 = 1065 Gran,

also $\frac{1065}{1314} = 0{,}810 = x$

Zur Bestimmung des specifischen Gewichts fester im Wasser unveränderlicher Körper, ist das Nicholsonische Aräometer weit bequemer, daher ist es auch bei einigen Mineralogen sehr beliebt. Man braucht zu diesem Zwecke das absolute Gewicht des Instruments gar nicht zu kennen.

Verfahren: Es fragt sich zuerst, wie viel Gewicht ist nöthig, um das Aräometer bis an das Zeichen c im destillirten Wasser niederzudrücken. Dieses Gewicht heißt man das Normalgewicht und schreibt es für immer am Futteral des Instruments auf.

Dann legt man den zu prüfenden Körper in die Schale e, und so viel Gewicht dazu, daß das Instrument wieder bis an den Punkt c einsinkt. Diese zugelegten Gewichte von dem Normalgewichte abgezogen, geben das absolute Gewicht des Körpers.

Hierauf legt man den Körper auf den Senker b und wiegt ihn wieder wie vorhin im Wasser.

Das Gewicht, welches man dießmal in das obere Schälchen legt, um das Instrument wieder bis zum Punkt c niederzudrücken, muß mehr betragen, als das vorige. Diese Differenz giebt den Gewichtsverlust in Wasser. Die Berechnung ist nun leicht: wie sich nämlich dieser Gewichtsverlust zum absoluten Gewichte verhält, so verhält sich 1 zu x.

Beispiel: Das Normalgewicht sey 314 Gran

Ein Stück Calomel in das obere Schälchen und dazu an Gewicht . . 10 —

Das absolute Gewicht des Calomel ist also 314 — 10 = ... 304 Gran.

Auf den Senker gelegt, braucht das Calomel . . . . . 65 —

Es verliert also beim Wiegen im Wasser 65 — 10 = ... 55 —

Also $\frac{304}{55} = 5{,}527 = x$

§. 46.

Bestimmung des specifischen Gewichts der Gasarten. Für luftartige Flüssigkeiten bedient man sich eines mit einem Hahne versehenen Ballons, macht ihn mittelst einer guten Luftpumpe möglichst luftleer, wiegt ihn in diesem Zustande genau und bemerkt sein Gewicht, welches die Tara ist. Hierauf öffnet man den Hahn, damit sich der Ballon wieder mit atmosphärischer Luft fülle, und wiegt ihn neuerdings. Was nun über die Tara zugelegt werden muß, ist das Gewicht des Volumens der atmosphärischen Luft im Ballone. Füllt man denselben mit destillirtem Wasser und wiegt ihn abermals, so erfährt man nach Abzug der Tara

das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser. Diese Bestimmungen schreibe man ein für allemal mit Diamant auf den Ballon. Will man nun das specifische Gewicht irgend einer Gasart kennen lernen, so mache man den Ballon möglichst luftleer, schraube ihn sodann auf den Gasometer, welcher das zu prüfende Gas enthält und lasse dieses einströmen. Nach wieder geschlossenem Hahne wird nun das Gewicht des Ballons (die Tara abgezogen) das Gewicht des Gases anzeigen. Die Berechnung ist nun genau dieselbe, wie bei tropfbaren Flüssigkeiten, deren specifisches Gewicht man im Probefläschgen bestimmt. Wie sich nämlich das absolute Gewicht der atmosphärischen Luft oder des Wassers zu jenem des zu bestimmenden Gases verhält, so verhält sich 1 zu x.

Das specifische Gewicht der Dämpfe läßt sich wegen der Unbeständigkeit ihrer Luftgestalt nur schwer bestimmen. Man schätzt dasselbe durch Vergleichung ihrer Volume im Gaszustande mit ihrem Volumen nach dem Uebergange in tropfbaren Zustand. Wenn z. B. nach Gay-Lussac's Versuchen Wasserdampf ein Gefäß von 1696 Kubik-Linien ganz anfüllt, nach dem Erkalten aber nur eine Kubiklinie Wasser von der größten Dichtigkeit bildet, so ist, da sich bei gleichem absoluten Gewichte die specifischen Gewichte umgekehrt, wie die Ausdehnungen verhalten, der Wasserdampf 1696mal leichter als Wasser oder das specifische Gewicht des Wassers verhält sich zu jenem des Wasserdampfes wie 1 zu 0,00056 oder beinahe wie 1 zu 0,0006.

Bei der Bestimmung des specifischen Gewichts luftartiger Substanzen hat man mit aller Genauigkeit nicht nur auf eine ganz gleiche Temperatur, sondern auch auf den Barometerstand Rücksicht zu nehmen, weil auch bei kleinen Verschiedenheiten in dieser Hinsicht die Differenzen, wegen

der großen Elasticität der luftartigen Flüssigkeiten, sehr beträchtlich seyn können.

§. 47.

Polarität. Bevor ich auf die besondern Aggregatzustände der Materie übergehe, muß ich noch eine Eigenschaft erwähnen, welche zu den allgemeinen Eigenschaften der Materie zu gehören scheint, nämlich die Polarität. Wir verstehen darunter jene Aeußerung von Ungleichartigkeit, welche zwischen einzelnen Stellen eines homogenen Körpers oder auch zwischen mehreren beobachtet wird, und mit den beiden Enden (Polen) einer Magnetnadel verglichen werden kann, indem bei zwei Magneten immer zwei oder mehrere Punkte getroffen werden, welche einander anziehen oder abstoßen, also bei aller scheinbaren Gleichgartigkeit in dem magnetischen Körper eine auffallende Ungleichartigkeit wahrnehmen lassen. Diese entgegengesetzten Punkte nennen wir die Pole eines Magnets. Etwas ähnliches — wiewohl meistens in einem unmerklichen Grade — scheint in allen Körpern statt zu finden: selbst Licht, Wärme, Luft, Wasser geben schwache Zeichen von Polarität von sich. Es scheint dieß eine gewisse Aeußerung der Cohäsionskraft zu seyn; ja wir dürfen annehmen, daß selbst das Unterscheiden einzelner Theile an einem gleichartigen Körper auf Polarität beruht. Ganz entschieden tritt diese Eigenschaft hervor, wenn ein Stoff aus dem luftartigen oder tropfbarflüssigen Zustand in den festen übergeht, und ungestört der Cohäsionskraft folgen kann; da sehen wir ganz deutlich eine gewisse Bewegung in der Flüssigkeit ein Anziehen und Abstoßen, während sich der Körper fest gestaltet; und das Resultat dieser Polarität ist ein regelmäßig gestalteter Körper, an welchem die Pole, d. h. einander gerade entgegengesetzte

Punkte deutlich dem Auge sich darbieten. Darum krystallisiren die Körper nie sphärisch, sondern immer polarisch, nämlich mit einander gegenüberstehenden Ecken und Kanten.

Die Polarität in einem gleichartigen (homogenen) Körper ist der erste Anfang von Ungleichartigkeit (Heterogeneität), wodurch die Körpermannigfaltigkeit, das ununterbrochen rege Leben der beständige Stoffwechsel in der Natur, begründet wird.

Noch auffallender tritt die Polarität in den organischen Körpern im gänzlichen Mangel an Indifferenz, in den verschiedenen Neigungen und Abneigungen und im Geschlechtstriebe hervor. Am größten aber ist die Wirkung der Polarität zwischen den einzelnen Weltkörpern.

§. 48.

Chemische Verwandtschaftskraft. Ich habe schon (§. 30.) erwähnt, daß zwischen den verschiedenartigen Stoffen ein Streben nach gegenseitiger Vereinigung herrscht, daß dieses Streben höchst wahrscheinlich identisch mit der allgemeinen Anziehungskraft ist, welche schon in der Entfernung statt findet, daß diesem Streben die Cohäsionskraft entgegen wirkt, und nothwendig entgegenwirken muß, wenn nicht das ganze Weltgebäude in ein Chaos zerfließen soll, und daß diese durch Cohäsionskraft beschränkte Anziehungskraft bei der unmittelbaren Berührung in der Adhäsion sich äussert. Diese Anziehungskraft nennen wir auch chemische Verwandtschaftskraft, Affinität. Ist sie im Stande, die Cohäsionskraft zu überwältigen, so ist ihre Wirkung chemische Vereinigung der in Conflict gekommenen heterogenen Stoffe, d. h. Gleichartigwerdung. Alles was der Cohäsionskraft entgegenwirkt, mechanische Zerkleinerung, Erwärmung, Ausdehnung ꝛc. ist dieser chemischen Verwandtschaftskraft günstig.

§. 49.

Chemische Synthese. Die Befriedigung oder vollendete Wirkung der chemischen Verwandtschaftskraft nennen wir chemische Synthese, Mischung, Auflösung, Verbindung, Vereinigung. Die Verwandtschaftskraft zwischen verschiedenen Stoffen ist sehr verschieden und oft auch durch die Cohäsionskraft und Expansivkraft bedingt und modificirt, wodurch ein beständiger Stoffwechsel möglich wird.

§. 50.

Chemische Analyse. Nur durch die Verschiedenheit der chemischen Verwandtschaftskraft, und durch Vermittlung der Cohäsions- und Expansivkraft ist es möglich, Materien, welche bereits in chemischer Verbindung sind, wieder von einander zu scheiden. Stoffe, bei welchen die Cohäsionskraft überwiegend ist, scheiden sich in fester Gestalt aus, andere, bei welchen die Wärme oder Expansivkraft in vorherrschende Thätigkeit kömmt, werden dampf- oder gasartig ausgeschieden, und nur da, wo die entgegengesetzten Kräfte in einem gewissen Gleichgewichte bleiben, findet tropfbare Flüssigkeit und chemisches Gebundenbleiben statt. Diese Zerlegung gleichartiger Körper in ungleichartige Stoffe nennen wir chemische Analyse, Scheidung; und die Produkte oder Edukte derselben heißen Bestandtheile; und lassen sich diese nicht mehr weiter zerlegen, so heißen sie unzerlegte Stoffe, Grundstoffe oder Elemente.

§. 51.

Chemische Elemente. Die Größe der chemischen Verwandtschaftskraft einerseits, und anderseits die Stärke der Cohäsionskraft läßt uns vermuthen, daß wir die wahren Elemente nie werden kennen lernen, indem es kaum möglich seyn wird, zwei mit einander verbundene absolute Elemente

weiter zu zerlegen, denn die Natur flieht eben so sehr jede Vereinzelung, als sie keinen leeren Raum duldet. Was wir also chemische Elemente nennen, sind höchst wahrscheinlich die ersten Verbindungen der eigentlichen Elemente; daher hat unsere gegenwärtige Chemie auch eine bedeutende Menge unzerlegter Stoffe, nämlich 11 Ametalle, d. h. solche, welche noch nicht im metallischen Zustande dargestellt werden konnten; 13 Metalloide, d. h. solche, welche zwar metallähnlich, aber doch schwer oder gar nicht bleibend erhalten werden können; und 28 Metalle, also in allem 52 wägbare Grundstoffe.

Der Umstand, daß alle Metalle und Metalloide etwas Gemeinsames, etwas Karakterisches, haben, läßt vermuthen, daß ihnen allen ein gemeinsames Element zum Grunde liegt, welches mit einem oder mehrern andern Elementen die Verschiedenheit unter den Metallen zu begründen scheint.

Daß es aber wirklich verschiedenartige Elemente giebt, daran lassen uns die chemischen Erscheinungen und die großen Mannigfaltigkeiten in der Natur nicht zweifeln; allein wahrscheinlich ist ihre Zahl nicht so groß, als jene der Grundstoffe unserer heutigen Chemie.

§. 52.

Wägbare und unwägbare Stoffe. Diese chemischen Grundstoffe, welche wir wegen ihrer Cohäsion in Gefäße sperren, und wegen ihrer Anziehung zur Erde wägen können, nebst ihren verschiedenen Verbindungen, nennen wir coërcibile (bezwingbare), wägbare Stoffe. Diejenigen Agentien aber, welche zwar durch ihre Wirkungen auf die coërcibilen sinnlich wahrnehmbar, aber nicht selbst bezwingbar oder sperrbar und nicht wägbar sind, nämlich Licht, Wärme,

Elektricität und Magnetismus, nennen wir incoërcibile unwägbare Stoffe. Diese letztern folgen in ihren Bewegungen und Wirkungen ganz eigenen Gesetzen. Daher müssen sie sowohl in der Physik, als auch in der Chemie, besonders abgehandelt werden. So wenig als die wägbaren Grundstoffe die wahren Elemente zu seyn scheinen, eben so wenig mag dieß der Fall bei den incoërcibilen Stoffen. seyn. Vielleicht sind die letztern aus den geistigen Prinzipien, wodurch die Materie ihre Kräfte erhält und einem höchst geringen Antheile wägbarer Materien zusammengesetzt.

Geistige Principien ganz anderer Art scheinen es zu seyn, welche das organische Leben, die Assimilation, das Wachsthum, die Fortpflanzung, die Nerven- und Muskelthätigkeit ꝛc. begründen. Da eine besondere Wissenschaft, nämlich die Physiologie diese Gegenstände zu ihrer Aufgabe gemacht hat, so werden sie in der Physik mit Stillschweigen übergangen.

§. 53.

Statik und Dynamik. Die Lehre vom Gleichgewichte und der Ruhe der Körper heißt Statik, und jene von den Bewegungen und ihren Ursachen heißt Dynamik. Bisweilen wurde die Bewegungslehre von der Kräftenlehre getrennt unter dem Namen Phoronomie behandelt. Da aber diese Lehren nur in Beziehung auf die Materie physikalisches Interesse haben können, so wurden sie von jeher nach dem Aggregatzustande derselben in verschiedene Theile getheilt. Die Lehre von dem Gleichgewichte fester Körper nannten mehrere ältere Physiker kurzweg Statik, jene tropfbarer Flüssigkeiten aber heißt Hydrostatik und jene der Luft Aërostatik. Die Lehre von der Bewegung fester Körper heißt übrigens auch Mechanik, jene der

tropfbaren Flüssigkeiten Hydraulik oder Hydrodynamik, und endlich jene der luftartigen Flüssigkeiten Aërodynamik oder Pneumatik, und in Beziehung auf das Gehör Akustik. Die Lehre von der Bewegung des Lichtes endlich heißt Optik; und insoferne sie das zurückgeworfene (reflectirte) Licht betrifft Katoptrik, und in Beziehung auf Brechung (Refraction) der Lichtstrahlen Dioptrik.

Wir aber wollen die specielle Physik in die Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung

I. coërcibiler Stoffe

1) fester, 2) tropfbarflüssiger, 3) luftartiger;

II. incoërcibiler Stoffe

1) Licht, 2) Wärme, 3) Elektricität, 4) Magnetismus eintheilen.

Dritter Abschnitt.

Statik und Dynamik der coërcibilen Stoffe.

I.

Feste Körper.

§. 54.

Bildung fester Körper. Sobald die Cohäsionskraft vorherrschend über die Expansivkraft wird, dann tritt Uebergang des Tropfbarflüssigen oder Luftartigen in das Feste ein. Wirkt die Cohäsionskraft homoge[illegible]er Stoffe mit voller Kraft und Ungestörtheit, so äussert sie sich bei der Bildung fester Körper polarisch (§. 47.); und das Produkt ist eine regelmäßige Gestalt. Ist hingegen die Cohäsions-

kraft in ihrer Wirkung irgend auf eine Weise gestört, beschränkt, oder verwirrt, so entsteht eine ungelmäßige Gestalt. Diese Verwirrung der Pole kann sich erreichen:

1) wenn die Wirkung der Cohäsionskraft zu rasch erfolgt, so daß die einzelnen Theile nicht die nöthige Zeit zu ihrer polaren Anordnung gewinnen können; wenn ein Salz, z. B. Glaubersatz, oder ein Metall, z. B. Zinn, geschmolzen und dann wieder erkältet wird, dann erstarret es plötzlich, ohne sich regelmäßig gestalten zu können. Dasselbe ist auch der Fall, wenn ein fester Körper aus seiner Auflösung niedergeschlagen wird, wo gleichfalls die Cohäsionskraft in den meisten Fällen so stürmisch wirkt, daß nur eine gallertartige Gerinnung oder eine flockige oder pulverige Präcipitation erfolgt; oder endlich, wenn eine Flüssigkeit im Moment der Festwerdung heftig bewegt, geschüttelt oder gerührt wird, da werden gleichfalls die Pole verrückt, und das Produkt ist in seiner Gestalt verworren.

2) wenn eine Masse beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand in ihrer chemischen Constitution nicht rein und gleichartig ist, dann wird die polare Richtungskraft gleichfalls geschwächt und verwirrt; dasselbe ist auch der Fall, wenn die Consistenz einer Flüssigkeit zähe, dicklich, schleimig ist, wodurch die polare Anordnung der kleinsten Theilchen gleichfalls erschwert oder unmöglich wird. Wenn wir daher einige organisch gebildete Stoffe, z. B. Blut, Eyweiß, Gummi, Färbestoff u. s. w. beim Festwerden nie regelmäßig gestaltet erhalten können, so dürfen wir immer annehmen, daß entweder die chemische Mischung noch nicht rein und vollendet genug ist, oder daß die Consistenz

der Flüssigkeit jener regelmäßigen Wirkung der Cohäsionskraft ein Hinderniß in den Weg legt.

§. 55.

Bildung regelmäßiger Gestalten. Die reinste Wirkung der Cohäsionskraft ist die Bildung eines geometrischen Körpers, woran wir die vollendetste Harmonie entgegengesetzter Theile (Flächen, Kanten und Ecken) wahrnehmen; einen solchen Körper nennen wir einen Krystall. Wird aber diese polare Richtkraft von einer stärkern, nämlich von der organischen Lebenskraft beherrscht, dann entstehen zwar gleichfalls regelmäßige Gestalten, woran sich aber die geraden Linien zwischen den entgegengesetzten Polen oft krümmen und verschieben, und die ebenen Flächen mit ihren Ecken und Kanten in mehr runde und gewölbte, verschiedenartig vertiefte, erhöhte und gefaltete, Flächen auflösen. Diese durch gleichzeitige Wirkung der Cohäsionskraft und Lebenskraft entstandenen regelmäßigen Gestalten finden wir an Pflanzen und Thieren. Die kleinsten Theile, wenn sie sich ohne äussere Störung ausgebildet haben, und nicht mechanisch verletzt worden sind, zeigen sowohl in der organischen als unorganischen Natur diese Regelmäßigkeit der Gestalt; dieß finden wir bei mikroscopischen Untersuchungen des Blumenstaubs, des Staubs auf den Flügeln der Schmetterlinge u. s. w. eben so deutlich wie bei den kleinsten krystallinischen Theilen unorganisch gebildeter Körper.

Anmerkung. 1) Wir finden zwar auch in Pflanzen und Thieren bisweilen Krystalle, allein diese sind immer ein Zeichen der mangelnden Lebenskraft; diese krystallinischen Gebilde, z. B. in Blasensteinen sind daher — was die Form betrifft —, reinere Produkte der

Cohäsionskraft, und für das lebende Individuum immer ein schlimmes Zeichen.

2) Das Wort Krystall (κρύσταλλος) heißt ursprünglich so viel als Eis. Da der reine Quarz ein eisartiges Ansehen hat, so nannten ihn die Alten gleichfalls Krystall, und nahmen sogar an, daß er aus Wasser gebildet sey, dessen Gefrieren hier nur vollständiger statt gefunden habe; diesen mineralischen Krystall nannte man zum Unterschied von Eis, Bergkrystall. In der Folge aber nannte man jeden regelmäßigen festen Körper, woran man entgegengesetzte Flächen, Kanten und Ecken wahrnehmen konnte, einen Krystall, ohne Rücksicht auf Durchsichtigkeit, Farbe, Glanz und Härte. Und in diesem Sinne wollen auch wir den Begriff von Krystall nehmen.

§. 56.

Krystallisation. Den Uebergang einer Flüssigkeit in Krystalle nennen wir Krystallisation oder Krystallisations-Prozeß. Die Bedingungen dazu sind:

1) flüssiger Zustand, gleichviel, ob tropfbar oder luftartig, damit sich die Atome frei und leicht bewegen können; wir müssen also annehmen, daß alle die krystallisirten Massen, welche wir im Mineralreiche antreffen, einst flüssig waren, sey es durch Schmelzung in der Hitze, oder durch Auflösung in Wasser oder sonst einem Menstruum oder durch Dampfzustand;

2) hinreichende Wirkung der Cohäsionskraft. Diese Wirkung wird befördert durch Abkühlung, oder durch Verdampfung des Auflösungsmittels,

oder durch Entziehung desselben durch einen andern Stoff, welcher eine stärkere Verwandtschaft zu demselben hat.

3) Je langsamer ruhiger und gleichmäßiger die Cohäsionskraft wirkt, je langsamer also die Abkühlung oder Verdampfung einer krystallisirbaren Auflösung erfolgt, und je größer die Masse der Flüssigkeit ist, desto schöner regelmäßiger und größer fallen die Krystalle aus. Indessen giebt es auch Fälle, wo eine sehr gesättigte Flüssigkeit bei vollkommener Ruhe nicht krystallisiren kann, wenn nicht diese Ruhe etwas, durch Anstoßen, Schwanken u. dgl. gestört wird. Es scheint hier eine mechanische Erschütterung die polarische Bewegung der kleinsten Theile erst anregen zu müssen.

4) Ferner hat auf die Krystallisation die Elektrcität, der Magnetismus, das Licht oder der Mangel desselben, die Gestalt und Materie des Körpers, welcher die Flüssigkeit einschließt, also auch der Druck, die Ruhe oder Bewegtheit, die Trockenheit und Temperatur der Luft Einfluß.

Anmerkung. Um große regelmäßige Krystalle eines Salzes zu erhalten, muß man nach Leblanc die heiße Auflösung desselben in die Kälte stellen, und nachher von den gebildeten Krystallen die regelmäßigsten einzeln in eine nur schwach übersättigte Auflösung desselben Salzes bringen, mit der Vorsicht, die Krystalle täglich zu wenden und sie von Zeit zu Zeit wieder in eine gesättigte Auflösung zu bringen.

§. 57.

Erscheinungen beim Krystallisations-Prozeß. Sobald sich in

einer Flüssigkeit Krystalle zu bilden anfangen, so bemerkt man bei aufmerksamer Beobachtung

1) eine stille Bewegung in der Flüssigkeit,
2) Wärme-Entwicklung,
3) Aenderung der Dichtigkeit,
4) Erscheinung von Ecken und Kanten, welche früher zu entstehen scheinen, als die Ausfüllung des übrigen Raums, den die Flächen begrenzen; je nachdem diese Ecken und Kanten sich ursprünglich gestalten, fallen auch die Krystalle an Größe und Gestalt verschieden aus. Befinden sich mehrere Substanzen in einer Auflösung, oder nur mechanisch beigemengt, so bleiben sie im erstern Falle entweder in der rückständigen Flüssigkeit (Mutterlauge) aufgelöst, oder sie krystallisiren gleichzeitig, jedoch in anderer Gestalt. Mechanisch beigemengte Substanzen aber fallen zu Boden, oder sie werden auch wohl in die Krystalle aufgenommen, ohne die Form derselben abzuändern, nur hat man beobachtet, daß solche unreine Krystalle gewöhnlich einfacher in ihrer Gestalt zum Vorschein kommen als die reinern. Häufig werden auch chemisch aufgelöste fremdartige Stoffe in die Krystalle aufgenommen, und dieses geschieht bisweilen ohne alle Abänderung der ursprünglichen Krystallgestalt; bisweilen verursacht aber auch die Gegenwart eines fremden Stoffes, wenn er auch nur in geringer Menge vorhanden ist, eine auffallende Abänderung der Krystallgestalt.

§. 58.

Ursachen der verschiedenen Krystallformen. Die Natur ist in Hervorbringung großer Körpermannichfaltigkeiten unaussprechlich reich und verschwenderisch, nicht nur in der organischen, sondern auch in der unorganischen Natur. Das

Mineralreich und die chemischen Laboratorien bieten eine ungeheure Menge von Krystallisations-Modificationen dar, welche selbst bei demselben Körper, z. B. beim Kalkspathe sehr mannigfaltig seyn können. Glücklicher Weise aber lassen sich alle die verschiedenen Krystallgestalten auf einige wenige Grundgestalten oder primitive Krystallformen zurückführen, woraus sich alle übrigen herleiten lassen. Diese durch Veränderungen der Grundgestalten oder Hauptformen entstandenen Krystall-Modifikationen nennt man abgeleitete oder secundäre Formen. Sie entstehen bald durch Abstumpfung der Ecken und Kanten, wodurch neue Flächen, Ecken und Kanten zum Vorschein kommen, bald durch Zuschärfung, bald durch Zuspitzung, wodurch an die Stelle einer Fläche gleichfalls mehrere neue Flächen, Kanten und Ecken treten, bald durch Anhäufung, durch Zusammen- und Ineinanderwachsung u. s. w.

Die Zurückführung eines so veränderten Krystalls auf seine Grundgestalt, heißt man seine Ableitung. Indem man also nach den Regeln der Symmetrie durch Hinwegdenken der vorhandenen und durch Hinzudenken neuer Ecken, Kanten und Flächen eine Grundgestalt durch alle mögliche Abstufungen abgeleiteter Formen hindurchführt, entstehen Krystallreihen und Krystallsysteme.

Man sollte glauben, daß die verschiedenen Modificationen der Grundgestalten nur durch Mitwirkung fremdartiger Substanzen entstehen müßten, allein die Beobachtung lehrt, daß oft gerade die reinsten und einfachsten Auflösungen bei der Krystallisation die üppigste Mannigfaltigkeit entwickeln.

Man hat geglaubt, daß eine und dieselbe Substanz nur eine beschränkte Reihe von secundären Krystallformen bilden könne, welche sich alle auf eine Grundgestalt zu-

rückführen lassen*), und daß man mithin aus der Krystallgestalt die Natur eines Körpers mit Gewißheit bestimmen könne; allein neuere Untersuchungen lehren gerade das Gegentheil. Prof. Mitscherlich in Berlin zeigte nämlich durch viele und genaue chemische und krystallographische Untersuchungen*), daß Körper von sehr verschiedenen Elementen zusammengesetzt eine durchaus gleiche Krystallgestalt annehmen können, und daß umgekehrt ein und derselbe Körper, welcher aus einerlei Stoffen in gleichen Verhältnissen zusammengesetzt ist, zwei verschiedene Krystallgestalten annehmen kann, die nicht secundär von einer gemeinsamen primitiven Krystallfigur abgeleitet werden können. Es folgt also daraus, daß die Krystallgestalt nicht sowohl von der Qualität der Elemente als vielmehr von der relativen Anzahl der Atome und von der Art ihrer Zusammenfügung bestimmt wird.

Da indessen die einzelnen Elemente sich jederzeit in bestimmten quantitativen Verhältnissen und meistens in einer ihrer Polarität entsprechenden unabänderlichen Ordnung miteinander chemisch verbinden um zu krystallisiren, so läßt sich doch immer wenigstens mit vieler Wahrscheinlichkeit aus der Krystallgestalt eines Körpers seine chemische Constitution erkennen. Nur darf dabei nicht vergessen werden, daß oft ein Bestandtheil die Stelle eines andern in einer chemischen Verbindung einnehmen kann, ohne die Krystallgestalt derse-

---

*) Hauy Traité de Cristallographie, T. I et II. Paris 1822.

**) Annales de Chimie et de Physique T. XIV. p. 172 etc. K. Vetenskaps-Academiens Handlinger för 1821, förre Hälften p. 4.

ben abzuändern, solche Bestandtheile nennt man vikarirende. Auf diese chemische Stellvertretung wird sich wahrscheinlich ein großer Theil der Anomalien zurückführen lassen, die sich in den bisherigen krystallographischen Gesetzen gezeigt haben.

Verschiedene Körper, welche in einerlei Gestalt krystallisiren können, heißen isomorphe Körper.

§. 59.

Krystallographie. Die Lehre von der Gestalt und Struktur der Krystalle macht ein eigenes auf Geometrie und Beobachtung gegründetes Studium aus, welches man Krystallographie nennt. Da das Studium derselben vorzüglich dem Mineralogen wichtig ist, so ist sie auch hauptsächlich von diesen kultivirt, und in die Lehrbücher der Mineralogie aufgenommen worden. Unter den Krystallographen verdienen vorzüglich genannt zu werden F. B. L. Romé de l'Isle*), R. J. Haüy**), Bernhardi***), C. S.

---

*) Essai de Christallographie Paris 1772. 2 edit. 1784. 4 Vol.

**) 1) Essai d'un theorie sur la structur des cristaux. Paris 1784.

2) Traité de Cristallographie. Paris 1822. 2 Vol.

***) 1) Darstellung einer neuen Methode Krystalle zu beschreiben. (Gehlens Journ. d. Chem. u. Phys. V. 157. 492. 625).

2) Ueber krystallographische Bezeichnungsmethoden. (Schweigger's Journ. f. Chem. u. Phys. XXXVIII. 389.)

rückführen lassen*), und daß man mithin aus der Krystallgestalt die Natur eines Körpers mit Gewißheit bestimmen könne; allein neuere Untersuchungen lehren gerade das Gegentheil. Prof. Mitscherlich in Berlin zeigte nämlich durch viele und genaue chemische und krystallographische Untersuchungen**), daß Körper von sehr verschiedenen Elementen zusammengesetzt eine durchaus gleiche Krystallgestalt annehmen können, und daß umgekehrt ein und derselbe Körper, welcher aus einerlei Stoffen in gleichen Verhältnissen zusammengesetzt ist, zwei verschiedene Krystallgestalten annehmen kann, die nicht secundär von einer gemeinsamen primitiven Krystallfigur abgeleitet werden können. Es folgt also daraus, daß die Krystallgestalt nicht sowohl von der Qualität der Elemente als vielmehr von der relativen Anzahl der Atome und von der Art ihrer Zusammenfügung bestimmt wird.

Da indessen die einzelnen Elemente sich jederzeit in bestimmten quantitativen Verhältnissen und meistens in einer ihrer Polarität entsprechenden unabänderlichen Ordnung miteinander chemisch verbinden um zu krystallisiren, so läßt sich doch immer wenigstens mit vieler Wahrscheinlichkeit aus der Krystallgestalt eines Körpers seine chemische Constitution erkennen. Nur darf dabei nicht vergessen werden, daß oft ein Bestandtheil die Stelle eines andern in einer chemischen Verbindung einnehmen kann, ohne die Krystallgestalt derselben

*) Hauy Traité de Cristallographie, T. I et II. Paris 1822.

**) Annales de Chimie et de Physique T. XIV. p. 172 etc. K. Vetenskaps-Academiens Handlinger för 1821, förre Hälften p. 4.

ben abzuändern, solche Bestandtheile nennt man vikarirende. Auf diese chemische Stellvertretung wird sich wahrscheinlich ein großer Theil der Anomalien zurückführen lassen, die sich in den bisherigen krystallographischen Gesetzen gezeigt haben.

Verschiedene Körper, welche in einerlei Gestalt krystallisiren können, heißen isomorphe Körper.

§. 59.

Krystallographie. Die Lehre von der Gestalt und Struktur der Krystalle macht ein eigenes auf Geometrie und Beobachtung gegründetes Studium aus, welches man Krystallographie nennt. Da das Studium derselben vorzüglich dem Mineralogen wichtig ist, so ist sie auch hauptsächlich von diesen kultivirt, und in die Lehrbücher der Mineralogie aufgenommen worden. Unter den Krystallographen verdienen vorzüglich genannt zu werden J. B. L. Romé de l'Isle*), R. J. Haüy**), Bernhardi***), C. S.

---

*) Essai de Christallographie Paris 1772. 2 edit. 1784. 4 Vol.

**) 1) Essai d'un theorie sur la structur des cristaux. Paris 1784.

2) Traité de Cristallographie. Paris 1822. 2 Vol.

***) 1) Darstellung einer neuen Methode Krystalle zu beschreiben. (Gehlens Journ. d. Chem. u. Phys. V. 157. 492. 625).

2) Ueber krystallographische Bezeichnungsmethoden. (Schweigger's Journ. f. Chem. u. Phys. XXXVIII. 389.)

Weiß*), Hausmann**), Fr. Mohs***). Sehr gemeinverständlich zusammengestellt von Brochant des Villiers findet man Haüys Krystallographie im Dictionnaire des sciences naturelles Vol. XI. und in einer v. G. H. Kersten besorgten teutschen Uebersetzung unter dem Titel: Die Krystallisation in geometrischer und physikalischer Hinsicht. Heidelb. 1820.

Da aber die Entstehung der Krystalle ganz auf physikalischen Gesetzen beruht, und da die Krystallographie in chemischer Hinsicht eben so wichtig ist als in mineralogischer, so gehört sie der Physik an.

§. 60.

Unterscheidungsmerkmale der Krystalle. Wir bestimmen die Krystalle als polyedrische (mehrseitige) symmetrische durch Ebenen begrenzte Körper:

1) nach Art und Zahl ihrer Begrenzungen, nämlich nach ihren Flächen, Kanten und Ecken; nach den Winkeln zwischen den sich begrenzenden Flächen; nach

---

*) 1) De indagando formarum cristallinarum charactere geometrico principali Diss. Lips. 1809.

2) De charactere geometrico principali formarum cristallinarum etc. commentatio. Lips. 1809.

3) Natürliche Abtheilung der Krystallisationssysteme. (Abhandlungen der Berliner Akad. d. Wiss. Jahr 1814 u. 1815. S. 289. 1816 u. 1817, S. 286.)

**) Krystallographische Beiträge (m. K. Braunschw. 1803).

***) 1) Versuch einer Elementarmethode zur naturhist. Bestimm. u. Erkennung der Fossilien. Wien 1812.

2) Grundriß der Mineralogie I. Dresden 1822.

ihren Axen und Grundflächen oder Basen; nach ihren Diagonallinien und Durchschnitten.

2) nach ihrem Gefüge, welches man auch den Blätterdurchgang oder die innere Krystallisation nennt.

Anmerkung. Die Krystallographie hält sich nicht so fest an die geometrisch möglichen Formen als vielmehr an die wirklich natürlich gebildeten Krystallgestalten.

§. 61.

Flächen. Die Flächen werden in der Krystallographie als Ebenen angenommen, wenn sie es auch nicht immer im vollkommenen Grade sind, indem sich oft darauf eine geringe Wölbung oder eine Durchziehung mit Furchen wahrnehmen läßt. Die Figur der Flächen wird in der geometrischen Sprache bestimmt. Die Grenzlinien der Flächen heißen Seiten. Am wichtigsten sind

1) das Quadrat (Tetragon) Taf. I. Fig. 6. aaaa

2) das regelmäßige Hexagon (Sechsseit) Fig. 7. bbbbbb

3) der Rhombus (die Raute) Fig. 9. aa bb.

Aus diesen Figuren lassen sich leicht die übrigen ableiten, z. B. aus dem Quadrat (Fig. 6.) das regelmäßige Oktagon (Achtseit); aus dem Hexagon (Fig. 7.) das regelmäßige Dodekagon (Zwölfseit); aus dem Rhombus (Fig. 9.) das oblonge Rechteck u. s. w.

Das Quadrat und das Hexagon, und alle übrigen Figuren, welche sich symmetrisch hinein verzeichnen lassen, sind gleichwinkliche Figuren (Homogonale) indem gleiche Dimensionen aus dem Mittelpunkte nach der Mitte der Seiten, und der Winkel darin vorkommen; was beim Rhombus und den hineinverzeichneten symmetrischen Figuren nicht statt findet.

Uebrigens kommen noch andere Flächen dieser Art an den Krystallen vor; z. B. das Dreieck (Fig. 11.); das Trapez (Fig. 12.), d. h. eine vierseitige Figur von 2 längern $\alpha\beta\gamma$, und zwei kürzern Seiten β m γ. Das Pentagon (Fünfseit Fig. 13.) u. s. w.

§. 62.

Kanten und Ecken. Wenn zwei Ebenen unter irgend einem Winkel zusammenstoßen, so entsteht längs der Berührungslinie eine Kante; und wenn drei oder mehrere Flächen mit ihren Kanten an einem Punkte sich berühren, so entsteht eine Ecke.

Nach der Zahl und den Winkeln der Flächen und Ecken bestimmen wir nun die geometrische Gestalt eines Krystalls. Die Kanten braucht man eigentlich nicht zu zählen, denn wenn man die Flächen und Ecken zusammen addirt und zwei davon abzieht, dann hat man die Zahl der Kanten.

Aus weniger als drei Flächen kann keine Ecke gebildet werden; nach der Zahl der zusammentreffenden Kanten oder Flächen unterscheidet man drei- vier- u. s. w. kantige oder flächige Ecken. Endlich werden die Ecken auch nach der Figur der Flächen, von welchen sie gebildet sind, bezeichnet; so z. B. haben wir Hexaeder-, rhomboidalische-, pyramidale-, prismatische Ecken u. s. w.

Weniger als vier ebene Flächen können keinen Krystall bilden. Die einfachste Krystallgestalt ist in dieser Hinsicht das Tetraeder Fig. 14.

Am zweckmäßigsten werden die Krystalle nach der Zahl und Figur ihrer Flächen benannt.

Nach der Zahl haben wir

Tetraëder (Vierflächner);

Hexaëder (Sechsflächner);

Oktaëder (Achtflächner);
Dodecaëder (Zwölfflächner);
Ikosaeder (Zwanzigflächner);
Ikositessaraëder (Vierundzwanzigflächner);
Triakontaeder (Dreißigflächner);
Tessarakontaoktaëder (Achtundvierzigflächner).

Nach der Figur der Flächen unterscheiden wir Pyramiden, Würfel, Rhomboëder, Prismen oder Säulen, Trapezoeder u. s. w.

§. 63.

Winkel. Nebst der Zahl der Flächen sind bei Bestimmung der Krystalle von größter Wichtigkeit die Winkel, welche zwei Flächen oder Kanten zusammen bilden. Wir unterterscheiden vor allem:

1) Neigungswinkel, welche von zwei angrenzenden Flächen gebildet werden;
2) ebene Winkel, welche von den Kanten (Durchschneidungslinien der Flächen) gebildet werden.

§. 64.

Goniometer. Um das Maaß der Winkel an einem Krystall zu finden, kann man sich auf jeden Fall des gewöhnlichen Halbkreises (Taf. I. Fig. 1.) bedienen, indem man zwei kleine Lineale auf die Flächen deren Neigungswinkel man messen will, legt, wodurch sich die Lineale durchkreuzen. Legt man sie nun in der von dem Krystall gegebenen Durchkreuzung so auf den Zirkelbogen, daß das eine davon den Halbkreis schließt (d h), so wird das andere Lineal die Größe des Winkels anzeigen.

Um jedoch diese Winkelmessung möglichst genau und bequem auch da vornehmen zu können, wo die Krystalle klein

und verwachsen sind, so hat man eigene Goniometer (Winkelmesser) erfunden. Das gewöhnlichste und bequemste, womit man in den meisten Fällen ausreichen kann, ist dasjenige, welches Carangeot erfunden hat, und dessen sich Hauy bei seinen krystallographischen Arbeiten durchaus bedient hat. Es ist. Tab. I. Fig. 10, abgebildet.

Der in Grade getheilte Halbzirkel s t r ist von Messing oder Silber, und ist nicht wie gewöhnlich durch einen Diameter ganz geschlossen; sondern hat nur einen Radius von r bis zum Mittelpunkt c um die Axe c zu tragen, um welche sich das Lineal d f bewegt. Dieses Lineal kann durch die in ihm befindliche Fuge l m vorwärts und rückwärts geschoben werden, um es der Größe des Krystalls anzupassen. Ein zweites Lineal a b befindet sich in der Richtung des Halbkreises, und läßt sich für gleichen Zweck durch ähnliche Fugen g h und i k vorwärts und rückwärts schieben.

Durch diese Einrichtung hat man es also in seiner Gewalt eine beträchtliche Länge der Lineale an die Flächen des zu messenden Neigungswinkels anzubringen, wenn diese Flächen groß sind, um mit desto größerer Genauigkeit messen zu können; oder wenn dieß nicht angeht nur die Enden der Lineale anzuwenden. In jedem dieser Fälle ist die Anzahl der Grade des Winkels auf dem Halbkreis durch den, gegen den Mittelpunkt desselben gehenden Rand f n des beweglichen Lineals bezeichnet. Gesetzt also es wäre die auf der Abbildung gegebene Stellung des Lineals d f das Resultat einer Winkelmessung, so hätten wir einen spitzigen Winkel von 45°.

Die Lineale müssen senkrecht auf dem Durchschnitt der beiden Flächen, deren Neigungswinkel gemessen werden soll, angebracht seyn, und auf beiden Seiten durchaus eben anliegen. Oft findet sich aber der Krystall so verwachsen, daß

das Ende des Halbkreises das genaue Anbringen der Lineale hindert. Um dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen, ist der Halbkreis bei t in zwei durch Gewinde vereinigte Hälften getheilt. Man kann also, wenn es nöthig ist, den Theil s des Halbkreises auf den andern umschlagen. Sobald man die Lineale dem Winkel der Krystallflächen angepaßt hat; bringt man, wenn der Winkel ein stumpfer ist, den zurückgelegten Viertelsbogen wieder an seine vorige Stelle, um die Größe des gesuchten Winkels darauf lesen zu können.

Damit dieser bewegliche Theil des Halbkreises fest sey, so wird er durch eine kleine am Mittelpunkte befestigte und bei o in einen Knopf eingehakte Stange von Stahl c o unterstützt.

Bei dem Gebrauche dieses Goniometers fordert es große Sorgfalt und Aufmerksamkeit und einige Uebung um die Winkel mit aller Schärfe bestimmen zu können; vorzüglich ist darauf zu sehen, daß beide Lineale dicht und genau senkrecht auf dem Durchschnitt der zu messenden Flächen angesetzt werden.

Ein anderes Verfahren der krystallographischen Winkelmessung beruht auf dem Grundsatze, daß die Lichtstrahlen in gerader Richtung fortgehen, und von glänzenden Flächen zurückgeworfen werden, und daß diese Richtung bei gleichem Winkelverhältnisse der Fläche stets unabänderlich ist, mithin durch ein schickliches Mittel leicht mit aller Schärfe gemessen werden kann. Ein auf dieses Princip construirtes Goniometer ist das Reflexionsgoniometer von Wollaston, welches Tab. I. Fig. 8. dargestellt ist.

Es besteht aus einem ganzen, senkrecht gestellten Kreis, der auf seinem Rande in Grade getheilt ist, mit seiner beweglichen Axe i k auf einer Unterlage m n ruhend, die auf einem horizontalen Fuße g h steht.

Der Kreis ist mit einem Minutenweiser q versehen, welcher an der Unterlage m befestiget ist. Die Axe i k ist der Länge nach durchbohrt, und es geht durch sie eine dünne eingeschliffene Axe t f, an deren Ende der zu bestimmende Krystall — so klein als man will — mittelst Wachs befestiget wird. Jede dieser beiden Axen kann man durch die daran befestigten Griffe v und s drehen. Dreht man mit dem kleinern Griffe s die innere Axe, so dreht sich der bei f daran befestigte Krystall mit, während der Kreis ruhig stehen bleibt. Dreht man hingegen mit dem größern Griffe v die äussere Axe mit dem daran befestigten Kreis, so dreht sich zugleich die innere Axe mit.

Um den Krystall genau in der Richtung der Axe befestigen zu können, hat die innere Axe vorne einen im Halbkreis gebogenen Arm f l, der in der Mitte getheilt ist und sich in d bewegen läßt. Das Ende dieses Arms ist horizontal in die Richtung der Axe gestellt und nach der Länge durchbohrt; es befindet sich darin eine kleine Welle e p, welche vor- und rückwärts geschoben und mittelst des Griffes u auch gedreht werden kann, um dem auf das Messingplättchen c geklebten Krystall, die gehörige Stellung geben zu können.

Verfahren: Setzen wir nun es sollen die Neigungswinkel des Krystalls A B gemessen werden, so befestiget man denselben mittelst Wachs auf c, daß die Durchschnittskante der beiden Flächen, deren Neigung man messen will der Axe der Drehung parallel ist. Das Goniometer selbst muß auf einer horizontalen Ebene stehen und die Ebene des Kreises muß einen nahen mit parallelen Horizontal-Linien bezeichneten Gegenstand, z. B. eine Glastafel, worauf man Staniolstreifen geklebt hat, oder die Dachrinne, die

Fensterrahmen u. dgl. eines nahen Gebäudes senkrecht vor sich haben. Dann dreht man den Krystall mittelst des Griffes s, so daß man auf einer seiner Flächen (A) das zurück geworfene Bild der parallelen Linien des nahen Gegenstandes bemerken kann; alsdann richtet man seine Stellung durch den Griff s so, daß das Auge auf der Spiegelfläche des Krystalls zwei unter einander befindliche Linien des Gegenstandes zusammen fallen sieht. Hierauf dreht man den Krystall mittelst des Griffes s neuerdings so, daß man dieselben Linien in der nämlichen Richtung auch auf der Fläche B abgespiegelt sieht. Dadurch ist man nun überzeugt, daß der Durchschnitt der Flächen A und B der Axe der Drehung ganz parallel ist, und daß die Ebene des Kreises senkrecht auf den beiden parallelen Beobachtungslinien steht. Will dieß aber nicht gelingen, dann muß man entweder die Stellung des Goniometers, oder jene des Krystalls verändern, bis jenes völlige Zusammenfallen der zurückgeworfenen Linien auf beiden Krystallflächen gleichmäßig beobachtet werden kann. Ist dieß geschehen, dann schreitet man erst zur Messung; zuerst dreht man mit dem Griffe v den Kreis auf Null, und führt mittelst des Griffes s eine der Flächen (A) so, daß das Auge das ehvor angezeigte Bild genau sieht. Dann dreht man den Krystall und zugleich den Kreis mittelst des v so, daß man das Bild eben so auf der andern Fläche (B) sieht. Da sich hierbei mit dem Krystall zugleich der Kreis dreht, so ist es klar, daß dieser die Anzahl der Grade zeigen muß, welche die Drehung des Krystalls beträgt. Der von dem Kreise durchlaufene Bogen ist zwar das Maaß des Nebenwinkels des wahren

Neigungswinkels der beiden Flächen des Krystalls; die Grade sind aber auf dem Kreise so verzeichnet, daß man sogleich am Index den wahren Neigungswinkel abliest, ohne irgend einer Rechnung zu bedürfen. Es läuft nämlich die Eintheilung des Kreises, die hier zweimal 180° ist, der Umdrehung gerade entgegengesetzt. Wenn also z. B. die Umdrehung in einem Viertel des halben Umfangs, in 45° nämlich, bestand, so zeigt der Kreis 135° oder das Supplement, welches der wahre Neigungswinkel ist (denn 45 + 135 = 180).

Um in dieser Hinsicht jeden Irrthum zu vermeiden ist an der Unterlage m n eine Feder r angebracht, welche den Kreis an zwei Punkten, die zugleich Null und 180° zeigen, vermittelst zweier, im Innern des Kreises vorhandener, Vorsprünge aufhält. Auf diese Weise kann man, wenn man an einem dieser Punkte angekommen ist, den Kreis, wenn man ihn z. B. auf 170° führt, nur um 10° drehen, aber bei dieser Drehung nicht 10° lesen u. s. w.

Obgleich das Reflexions-Goniometer bei weitem nicht die Bequemlichkeit und ausgebreitete Anwendung erlaubt wie das gemeine Anlage-Goniometer, so ist es doch für die Fälle, wo man es gebrauchen kann von großem Werthe, theils weil man damit sehr kleine Krystalle, und sogar Bruchstücke, welche ausserdem kaum gemessen werden können, mit großer Genauigkeit bestimmen kann, theils weil man damit sehr kleine Neigungswinkel messen kann, wenn man das Auge hinreichend nahe an den Krystall hält, — was überhaupt bei allen Messungen mit dem Reflexionsgoniometer nöthig ist — und theils weil man

daran ein Mittel hat, die gewöhnlichen Messungen zu prüfen und zu berichtigen.

§. 65.

Relativer Werth der Begrenzungstheile eines Krystalls. Die Flächen, Kanten und Ecken sind nicht immer von gleicher Art und gleichem Werthe; wir unterscheiden gleichartige und ungleichartige, ferner Hauptflächen, Hauptkanten und Hauptecken von Nebenflächen, Nebenkanten und Nebenecken.

Eben so gegenüberstehende, abwechselnde und angrenzende Theile.

Eine der wichtigsten krystallographischen Regeln, welche jedoch einige Ausnahmen leidet, ist, daß jeder Fläche an einem Krystall eine ihr gegenüberstehende parallele Fläche entspricht; beide sind von gleichem Werthe.

So finden wir auch immer Kanten und Ecken, wovon die zwei gegen überstehenden gleichen Werth haben.

Dieser Parallelismus ist vorzüglich dann wichtig, wenn Krystalle a) nicht recht ausgebildet, b) zerbrochen, oder c) so verwachsen sind, daß man nur einen Theil derselben erkennen kann. Durch Beachtung dieses Gesetzes ist man dann leicht im Stande den Krystall so zu bestimmen als wenn er ganz rein und frei ausgebildet wäre.

§. 66.

Krystall-Axe. Von großer Wichtigkeit ist es ferner die Axe und den Mittelpunkt eines Krystalls zu bestimmen. Axe nennen wir eine gerade Linie durch den Mittelpunkt des Krystalls gedacht, zu welcher alle gleichartigen Theile gleiche Lage haben.

Die Axen können an Ecken, Flächen oder Kanten auslaufend gedacht werden. Wir unterscheiden vor Allem *Hauptaxen* von *Nebenaxen*.

Bei denjenigen Krystallen, deren gleichartige Begrenzungstheile alle gleichweit vom Mittelpunkte entfernt sind, z. B. beim Würfel, beim regelmäßigen Oktaeder, Dodekaëder u. s. w. können wir so viele Axen von gleichem Werthe annehmen, als entgegengesetzte Ecken- und Flächenpaare vorhanden sind, welche als Pole des Krystalls gelten können. Hier sind also alle Axen, welche gleichen Werth haben Hauptaxen, und solche Krystalle nennt man *mehraxige, vielaxige* (Polyaxien). Bei den mehr nach einer Dimension ausgedehnten, bei den in die Länge gezogenen Krystallen aber, bei den Doppelpyramiden, Rhomboedern und Prismen haben wir nur *eine Hauptaxe* durch den Mittelpunkt des Scheitels gehend; diejenigen Axen hingegen, welche zwischen den dem Mittelpunkte näher liegenden Theile gezogen gedacht werden können, sind nur *Nebenaxen* und haben für die Krystallographie geringern Werth. Solche Krystalle mit ungleichartigen Axen nennt man *einaxige* (Monoaxien).

§. 67.

Krystall-Basis. Es erleichtert die Bestimmung eines Krystalls gar sehr, wenn man denselben in einer solchen Lage hält, daß die Axe, oder eine der Hauptaxen *senkrecht* steht, weil so die Symmetrie der Theile am leichtesten erkannt wird. Verzeichnet man nun genau in der Mitte der Höhe des vertikal gestellten Krystalls eine horizontale Ebene an demselben, und denkt man sich den Krystall in dieser horizontalen Richtung durchschnitten, so giebt dieß die *Basis* oder *Grundfläche* des Krystalls. Nach

der Figur dieser Basis lassen sich nun die Krystalle eintheilen in tetragonale, hexagonale, hetragonale u. s. w.

Diejenigen Ecken, welche bei der senkrechten Stellung des Krystalls den Horizontallinien entsprechen, welche man aus dem Mittelpunkte nach den Winkeln der Fläche oder des Krystalldurchschnitts ziehen kann, werden auch axenkantige Ecken genannt. Es sey z. B. Fig. 9. die Grundfläche eines Prisma oder einer Pyramide, so sind a a und b b die axenkantigen Ecken eines vierseitigen Prisma (oder einer vierseit. Pyramide) mit rhomboidaler Grundfläche; c c und d d hingegen sind die axenkantigen Ecken eines rechtwinklichen vierseitigen Prisma.

Bei einigen Krystallen laufen die Hauptflächen mit der Axe parallel, und diese werden dann Seitenflächen genannt; bei andern Krystallen laufen nur einige wenig ausgedehnte Flächen mit der Hauptaxe parallel; bei wieder andern sind alle Flächen zur Hauptaxe geneigt.

Je nachdem die Axen in zwei Flächen, Kanten oder Ecken endigen, nennt man sie auch Flächenaxen, Kantenaxen und Eckenaxen. Die Flächen, in welche eine Hauptaxe ausläuft, werden auch Endflächen genannt, zum Unterscheide von den Seitenflächen. Diese Endflächen als solche sind aber nicht immer sichtbar, indem sie oft durch kleinere die Gestalt modificirende Flächen bedeckt sind.

§. 68.

Diagonallinien. Nicht minder wichtig bei Bestimmung der Krystalle sind die Diagonallinien, d. h. diejenigen Linien, welche von den Ecken oder Kanten eines Krystalls durch den Mittelpunkt hindurch in gerader Richtung bis zur entgegengesetzten Ecke oder Kante gezogen werden können. Bei allen rhomboidalen Flächen ist immer die eine Diago-

nallinie länger als die andere. Erstere nennen Einige die Makrodiogonale und letztere die Brachydiagonale. Bei Fig. 9. ist also die von a bis a gezogene Linie die Makrodiagonale, die von b zu b gezogene aber die Brachydiagonale. Bei rechtwinklichen Vierecken sind aber alle Diagonallinien einander gleich; die Linie c c ist so lang wie die Linie d d.

§. 69.

Schnitte. Eine Ebene, welche eine einfache Kryſtallgestalt schneidet, heißt ein Schnitt. Wenn der Schnitt nach der Richtung zweier Kanten geführt wird, ohne irgend eine Kante quer zu durchschneiden, so ist dieß ein Hauptschnitt; z. B. Fig. 15. nach der Diagonallinie von i e zu n r. — Ein Schnitt, welcher die Gestalt halbirt, in so ferne er auf einer gewissen Linie senkrecht steht, heißt ein Querschnitt.

§. 70.

Kryſtallgefüge. Die Kryſtallographie beschränkt sich nicht bloß auf die Oberfläche der Körper, sie geht auch in das Innere derselben. Wir können die Kryſtalliſation oder die polare Richtung der Cohäſionskraft bis in die kleinſten Theile verfolgen. Dieſes offenbaret sich bei vielem Kryſtallen schon auf der Oberfläche durch kleine Streifen oder Klüfte, nach welchen sich die Kryſtalle abblättern laſſen, ohne die regelmäßige Gestalt zu verlieren. Bei einigen Kryſtallen geht dieß blätterige Gefüge genau nach der Richtung der Seitenflächen und dann erhält man durchs Abblättern immer die nämliche Kryſtallgestalt bis in die kleinſten Theile. Bei andern richtet sich das blätterige Gefüge mehr nach den Diagonallinien, oder auch von der Grundfläche zu den Sei-

tenflächen in schiefer Richtung (nach Abstumpfungsflächen) und in diesen Fällen erhält man durchs Abblättern ganz andere Krystallgestalten, z. B. aus dem Würfel (Fig. 15.) ein regelmäßiges Oktaeder (Fig. 16.) oder ein Rhomboidaldodekaeder (Fig. 17.) und so umgekehrt. So erhält man auch bisweilen aus dem vierseitigen Prisma (Fig. 31.) ein sechsseitiges (Fig. 34.) und umgekehrt ꝛc.

Jedesmal aber setzt das blättrige Gefüge mehr oder weniger deutlich durch die ganze Masse der Krystalle, und liefert bei gelungener Abblätterung jederzeit wieder ebene Flächen mit symmetrischen Kanten und Ecken. Da sich dieses blätterige Gefüge an einem Krystall oft vielfältig durchkreuzt, so nennt man die Richtungen der Spaltungsflächen die **Blätterdurchgänge**. Bisweilen sind sie alle gleich **deutlich**; bisweilen sind sie nur **undeutlich**, und nicht nach der ganzen Fläche verfolgbar, **unvollkommen**, oder versteckt. An vielen Krystallen kommen sowohl deutliche als undeutliche, sowohl vollkommene als unvollkommene Blätterdurchgänge vor. Nach der Zahl unterscheiden wir einfachen, zweifachen, dreifachen, vierfachen, sechsfachen u. s. w. Blätterdurchgang. Da an einem Krystall immer zwei und zwei entgegengesetzte Flächen parallel sind und einander decken, so ist es klar, daß sie nur einen Blätterdurchgang repräsentiren können. Wäre also z. B. der Würfel (Fig. 15.) nur nach der Richtung seiner Seitenflächen spaltbar, so wäre dieß ein dreifacher Blätterdurchgang, indem dieser Krystall nicht mehr als 6 Flächen hat, wovon immer zwei zu zwei correspondiren. Viele Krystalle lassen sich nicht nach allen Blätterdurchgängen gleich leicht spalten; man unterscheidet überhaupt sehr leichte, leichte, schwere und sehr schwere Spaltbarkeit. Uebrigens sind die Blätterdurchgänge bei

einer und derselben Substanz im krystallisirten Zustande sehr constant und daher in vielen Fällen charakteristisch.

Diese höchst merkwürdige Erscheinung des Blätterdurchgangs ist der atomistischen Theorie sehr günstig, indem es höchst wahrscheinlich ist, daß dieses krystallinische Gefüge von den kleinsten Theilen herrührt, welche nach den von der Cohäsionskraft gegebenen polaren Richtungen durch Adhäsion zusammengefügt sind.

Das krystallinische Gefüge bemerken wir übrigens auch an vielen unregelmäßigen Gestalten, bei deren Bildung die Cohäsionskraft zwar im Innern nach polaren Richtungen gewirkt hat, die äussere regelmäßige Gestaltung aber durch andere Einflüsse gehemmt oder in der Folge wieder zerstört worden ist, wie wir dieß bei vielen Mineralien z. B. bei Geschieben, bei gemengten Gebirgsarten u. s. w. bemerken. Indessen giebt es auch viele feste Körper an welchen man kein krystallinisches Gefüge, nichts Blätteriges, Strahliges, oder Faseriges wahrnehmen kann, bei welchen, wenn man sie entzweibricht oder schlägt, die Bruchflächen unregelmäßig, uneben, splitterig, körnig, schalig, muschlig u. s. w. sind.

§. 71.

Krystallsysteme. Bei Bestimmung der Krystalle muß man von gewissen Haupt- oder Grundformen ausgehen, worauf sich alle übrigen Krystallformen, welche durch Vergrößerung, Verlängerung, Verkürzung, Anwachsung, Abstumpfung der Flächen, Ecken und Kanten entstehen können, zurückführen lassen. Jede Grundform bildet mit allen daraus abzuleitenden Krystallgestalten ein Krystallsystem. Man ist dabei von verschiedenen Principien ausgegangen. Hauy hat diejenigen Gestalten, welche sich durchs Abblättern oder Spalten aus den verschiedenen Krystallen her-

ausschälen oder nicht weiter verändern ließen, als Grund- oder Kerngestalten angenommen; und diese sind folgende:

1) das Tetraeder (Fig. 14.),
2) das Parallelepipedum (Fig. 15.),
3) das Oktaeder (Fig. 16.),
4) das sechsseitige Prisma (Fig. 34.),
5) das Rhomboidaldodekaeder (Fig. 17.),
6) das Pentagonaldodekaeder (Fig. 19.),
7) das Triangulärdodekaeder (Fig. 26.),
8) das Triangulärikosaeder (Fig. 55.),
9) das Trapezoeder (Fig. 21.).

Noch einfacher und für den Unterricht zweckmäßiger lassen sich die Krystalle nach dem Werthe ihrer Axen klassificiren. Wir unterscheiden demnach:

1) Mehraxige (Polyaxien), wobei mehrere Axen von gleichem Werthe vorhanden sind; und
2) Einaxige Krystalle (Monoaxien), welche nur eine Hauptaxe haben.

Die mehraxigen werden auch sphäroedrische Krystalle (von σφαίρηδον kugelförmig) genannt, weil sie der Kugelform am nächsten kommen (Weiß). Andere nennen sie tessularische Krystalle (von Tessera Würfel), weil sie sich alle aus dem Würfel ableiten lassen (Mohs).

In Beziehung auf die Axenverhältnisse hat Weiß die verschiedenen Krystallgestalten in folgende 4 Klassen oder Hauptabtheilungen gebracht:

1) Sphäroedrische Systeme, diese gründen sich auf drei unter einander senkrechte und unter sich gleiche Axen.
2) Zwei- und einaxige Systeme, sie gründen sich auf drei unter einander senkrechte Axen, von denen nur zwei gleich, aber verschieden von der dritten sind.

3) Ein- und einaxige Systeme, mit drei unter sich senkrechten, aber alle drei unter einander ungleichen Axen.

4) Drei- und einaxige Systeme, welche sich nicht bloß auf 3 Axen gründen, sondern auf das Verhältniß einer Hauptaxe gegen drei andere unter sich gleiche, und auf der erstern gemeinschaftlich senkrechte, welche drei daher unter sich jederzeit den Winkel von 60° machen.

Nach ähnlichen Prinzipien hat auch Mohs seine 4 Krystall-Systeme gebildet, nämlich

1) das tessularische (sphäroedrische)
2) — pyramidale
3) — rhomboedrische
4) — prismatische

} System.

Auch A. Breithaupt hat in seiner „Charakteristik des Mineralsystems" (2te Aufl. Dresden 1823.) vier Krystallsysteme aufgestellt, nämlich folgende:

I. Vielaxien: 1) Tessularsystem.

II. Einaxien: 2) Tetragonsystem,
wobei die Basis der Grundgestalt ein Tetragon (eine rechtwinkliche vierseitige Figur) ist.

3) Hexagonsystem,
wobei die Basis der Grundgestalt ein Hexagon oder Sechseck (eine sechsseitige Figur) ist.

4) Hetragon- oder Rhombensystem,
wobei die Basis der Grundgestalt ein Rhombus (eine Raute) ist.

Diese Eintheilung nach den Axen und nach der Figur der Basis oder Grundfläche zugleich ist eben so sinnreich, als natürlich; es lassen sich alle vorkommenden Krystallgestalten ganz ungezwungen darauf zurückführen.

Für den ersten Unterricht scheint mir indessen eine Eintheilung am vorzüglichsten zu seyn, welche nicht so fest nach der Figur gewisser Durchschnittflächen, welche erst geometrisch entwickelt werden müssen, sondern aus der am besten und von selbst in die Augen fallenden äußern Krystallgestalt entnommen ist, ohne vorläufig in feine geometrische Distinktionen hinsichtlich der Messungen und Ableitungen einzugehen. Nach diesem Grundsatze wollen wir also die verschiedenen Krystallgestalten gleichfalls in 4 Klassen bringen, nämlich 1) Sphäroeder, 2) Pyramiden, 3) Rhomben, 4) Prismen. Zur bequemen Bezeichnung kann man die Individuen jeder Klasse in Gattungen und Arten eintheilen.

§. 72.

I. Sphäroeder. Die Hauptflächen der sphäroedrischen Krystalle sind alle vom Mittelpunkte gleich weit entfernt, alle sind identisch (gleichartig), alle Ecken fallen in die Kugelform, mithin haben diese Krystalle mehrere Axen von gleichem Werthe; das Verhältniß ihrer Theile ist constant. Dahin gehören folgende Gattungen: 1) das Tetraeder, 2) der Würfel, 3) das Oktaeder, 4) das Rhomboidaldodekaeder, 5) das Pentagonaldodekaeder, 6) das Trapezoeder.

1. Gattung: Regelmäßiges Tetraeder oder dreiseitige Pyramide (Fig. 14.) von vier gleichseitigen Dreiecken b c d (Fig. 11) gebildet, die sich unter einem Winkel von 70° 31′ 44″ neigen. Dieser Krystall hat also 4 Ecken und 6 Kanten, die alle gleichseitig sind.

Man kann dabei 4 Hauptaxen annehmen, welche durch die Ecken und den Mittelpunkt der gegenüberstehenden Flächen gehen.

Diese Krystallgestalt allein macht Ausnahme von dem symmetrischen Gesetz der parallellaufenden Flächen und Kanten (§. 65).

2. Gattung: Würfel oder Kubus (Fig. 15) von sechs gleichen Flächen begrenzt (also ein Hexaeder), die alle Quadrate sind. Alle Seiten sind hier gleich, und haben durchaus Neigungswinkel von 90°. Die 6 Ecken und 12 Kanten dieses Krystalls sind gleichfalls identisch.

Axen kann man beim Würfel zweierlei annehmen, nämlich 4 Axen, welche die Ecken mit einander verbinden und 3 Axen durch den Mittelpunkt der Flächen.

3. Gattung: Regelmäßiges Oktaeder (Fig. 16) von 8 gleichseitigen Dreiecken (Fig. 11) begrenzt die unter einem Winkel von 109° 28′ 16″ gegen einander geneigt sind. Es hat 6 vierkantige Ecken und 12 Kanten, die alle von gleicher Art sind.

Das Oktaeder hat 3 Axen, welche durch die Ecken gehen.

Sonst hat man diesen Körper auch als vierseitige Doppelpyramide, deren Grundfläche ein Quadrat ist, betrachtet. Allein man mag das Oktaeder drehen und wenden, wie man will, man wird nach der Richtung einer jeden der 3 Axen dieselbe Grundfläche und dieselbe Doppelpyramide finden.

4. Gattung: Rhomboidaldodekaeder oder Rautendodekaeder (Fig. 17 u. 18). Dieß ist ein von 12 gleichen und ähnlichen Rhombenflächen begrenzter Körper. Dieser Krystall hat 24 Kanten und 14 Ecken. Von den letztern sind sechs (a c d f e b) vierkantig und einander gleich; und acht (l m o n r s t v) dreikantig und auch einander gleich. Der Neigungswinkel jeder zwei in einer Kante sich schneidenden Flächen ist 90°. Der stumpfe Win-

kel jeder Rhombe ist 109° 28′ 16″ (wie der Neigungswinkel des regelmäßigen Oktaeders).

Wird das Rhomboidaldodekaeder so gestellt (Fig. 17), daß eine Linie a b, welche 2 vierkantige sich entgegengesetzte Ecken verbindet, senkrecht ist, so muß es als horizontale Projektion, oder als ein auf die Linie a b senkrechter Durchschnitt ein Quadrat c d e f als Basis geben. Da nun 6 einander gegenüberstehende vierkantige Ecken vorhanden sind, so muß es 3 ähnliche ganz identische Stellungen oder 3 Linien a b, c e, d f geben, welche senkrecht gestellt und als Axen angenommen, dieselben Resultate liefern.

Wird aber dieser Körper so gestellt (Fig. 18), daß eine Linie o s, welche 2 dreikantige sich entgegengesetzte Ecken verbindet, senkrecht ist, so muß es als horizontale Projektion, oder als ein auf die Linie o s senkrechter Durchschnitt ein regelmäßiges Sechseck b v f m c r als Basis geben. Da es nun 8 dreikantige, je zwei einander entgegengesetzte Ecken giebt, so sind 4 ähnliche ganz identische Stellungen, oder 4 Linien o s, l v, m t, n r möglich, welche senkrecht gestellt, oder als Axen genommen, dasselbe Resultat geben.

Demnach finden wir bei dem Rhomboidaldodekaeder 7 Axen, wovon drei durch die vierkantigen Ecken a b, c e und d f gehen, und in die Kugelform fallen; diese sind Hauptaxen. Die vier andern Nebenaxen laufen sechs Flächen parallel. Es kann also diese Gestalt in ein sechsseitiges und in ein vierseitiges Prisma auslaufen.

Da sich der Granat durch diese Krystallgestalt auszeichnet, so wird sie von den Mineralogen auch Granatdodekaeder genannt.

5. Gattung: Pentagonaldodekaeder (Fig. 19

und 20). Dieß ist ein von 12 gleichen und ähnlichen Fünfecken begrenzter Körper. Diese Pentagone (Fünfecke) sind aber von dem gleichseitigen und gleichwinklichen Pentagon der Geometrie verschieden, indem in einem seiner Fünfecke (Fig. 13) der Winkel b, welcher als Gipfelwinkel genommen wird, 121° 35′ 17″, die angrenzenden Winkel q und s aber 106° 36′ 2″ und die beiden Winkel g u. h nur 102° 36′ 19″ betragen. Diese Seite wird als Basis angenommen.

Die Fünfecke des regelmäßigen Pentagonaldodekaeders liegen so, daß je zwei immer dieselbe Kante zur Basis haben. So ist (Fig. 19.) die Basis g h des Fünfeckes b q g h s auch die Basis des Fünfecks d u g h x; es giebt also nur sechs Basen.

Die symmetrische Lage dieser Basen der Fünfecke muß man durchaus kennen, um die Symmetrie des ganzen Körpers beurtheilen zu können. Diese Basen liegen je zwei, in drei auf einander senkrechten Ebenen. In der senkrechten Projektion (Fig. 20.) sind die beiden parallelen Basen g h und e f horizontal; dasselbe ist bei den beiden parallelen Basen a b und c d der Fall, und die Basen i k und l m sind senkrecht. Wenn man aber durch je zwei parallele einander gegenüberstehende Basen eine Ebene legt, so wird bloß die durch g h und e f gehende horizontal seyn; die durch a b und c d gehende, wird vertikal und auf die erstere senkrecht stehend; die durch i k und l m gelegte endlich ist gleichfalls vertikal, und auf beiden erstern senkrecht.

Der Gipfel jedes Fünfecks liegt an den Ecken einer der Basen. So sind in den beiden Punkten i und k (den Enden der Linie i k, welche gemeinschaftliche Basis der beiden

Fünfecke g q i k u und e p i k t ist), die Gipfel der Fünfecke i p a b q und k t c d u u. s. w.

Daraus folgt, daß die zwanzig (dreikantigen) Ecken dieses Pentogonaldodekaeders von zweierlei Art sind: Acht davon, p q s r und t u x v sind von drei gleichen ebenen Winkeln gebildet, welche alle Seitenwinkel von an einanderstoßenden Pentagonen sind; die zwölf andern Ecken werden von einem Gipfelwinkel und zwei Basiswinkeln der Fünfecke gebildet.

Dieses Alles wird weit deutlicher, wenn man sich den Würfel darunter denkt, denn von diesem läßt sich das Pentagonaldodekaeder leicht ableiten.

Die acht gleichartigen Ecken p q s r und t u x v haben dieselbe Lage wie die acht Ecken des Würfels gegen einander; und die 6 Kanten gehen gerade über die Würfelfläche hinüber.

Da dieß die Kerngestalt des Schwefelkieses ist, so nennen sie einige Mineralogen auch Schwefelkiesdodekaeder.

6. Gattung: Trapezoeder oder trapezoidales Ikositessaraeder (Fig. 21 und 22). Diese Krystallgestalt ist von 24 gleichen und ähnlichen Trapezen (Fig. 13.) begrenzt, die alle gleiche Lage haben, und 26 Ecken und 48 Kanten bilden.

Die beiden Winkel β und γ sind einander gleich (82° 15′ 3″) der Winkel a ist spitzig (78° 27′ 46″) und der Winkel m stumpf (117° 2′ 8″).

Von den 26 Ecken sind 8 dreikantig, nämlich m l n o s r v t, die übrigen 18 sind vierkantig.

Die 8 dreikantigen Ecken liegen zu vieren in zwei gleichen und auf einander senkrechten Ebenen, wie die acht Ecken des Würfels, und wie diese an den Enden von 4

gleichen Axen. Eben so sind die 6 vierkantigen durch die ebenen Winkel a gebildeten Ecken, an die Enden dreier gleicher und auf einander senkrechter Axen, wie die 6 Ecken des Oktaeders vertheilt; und da diese 6 vierkantigen Ecken die 24 Flächen umfassen, und ein Gleiches auch von den 8 dreikantigen Ecken wahrgenommen wird, so erkennt man leicht die Symmetrie dieses Körpers.

Jede 2 Flächen, a β m γ und α δ o ε, die einander an einem weniger stumpfen vierkantigen Winkel α engegengesetzt sind, bilden einen Neigungswinkel von 109° 28′ 16″, gerade wie 2 einander an einem vierkantigen Gipfel entgegengesetzte Kanten des regelmäßigen Rhomboidaldodekaeders, diese Flächen sind also gegen die Axe um 54° 44′ 8″ wie die Kanten jenes Rautendodekaeders geneigt.

Jede der drei sich an einer dreikantigen Ecke m verbindenden Flächen a β m γ, f γ m ζ und c ζ m β ist um 70° 31′ 44″ gegen die Axe dieser Ecke geneigt, eben diese Neigung hat die Kante des Rhomboidaldodekaeders an einer dreikantigen Ecke gegen die Axe, auf die sie stößt.

Aus dieser doppelten Aehnlichkeit folgt, daß die Symmetrie des Trapezoeders auf die des Rhomboidaldodekaeders sich gründet, indem ersteres als das Resultat der tangentalen Abstumpfungen der 24 Kanten des letztern angesehen werden muß.

Da der Leuzit als Trapezoeder krystallisirt vorkommt, so wird dieses auch Leuzitform genannt.

§. 73.

11. Pyramiden. Einen Körper, welcher von einer ebenen Grundfläche und eben so vielen in eine Spitze sich vereinigenden Dreiecken, als die Grundfläche Seiten hat, begrenzt ist, nennt die Geometrie eine Pyramide. Allein solche

einfache Pyramiden — das Tetraeder ausgenommen — giebt es unter den krystallisirten Körpern nicht; hier sind alle doppelt, d. h. die Krystalle des Pyramidalsystems erscheinen wie Doppelpyramiden, welche mit ihren Grundflächen so vereiniget sind, daß sich diese vollkommen einander decken, und die beiden Gipfel einander gegenüber stehen, und durch eine gemeinschaftliche Axe verbunden sind, die durch die Scheitel geht, und gegen welche alle Flächen geneigt sind, die eine Hälfte gegen oben, und die andere gegen unten. Die Hauptaxe, welche durch die Endspitzen geht, steht auf den übrigen Nebenaxen, welche durch die Seitenecken gezogen werden können, immer senkrecht.

Die Flächen dieser Doppelpyramiden sind meist gleichartig, eben so die Kanten der obern und untern Hälfte des Krystalls.

An den Pyramiden unterscheiden wir im Allgemeinen

Endecken und Seitenecken.

Die Endecken, Pol- oder Gipfelecken, sind die beiden Endspitzen der Pyramiden, in welchen sich die Flächen oben und unten vereinigen.

Seitenecken, Grund- oder Randecken heißen diejenigen, welche sich an der gemeinschaftlichen Basis befinden, mithin von den Flächen der obern und untern Pyramide gebildet sind.

Eben so unterscheiden wir unter den Kanten

Endkanten und Seitenkanten.

Endkanten sind nämlich diejenigen, welche von der Basis zu den beiden Scheiteln laufen. Sie heißen auch Polkanten, Axenkanten, terminale Kanten.

Seitenkanten oder Randkanten heißen diejenigen, welche sich an der gemeinschaftlichen Basis befinden.

In der Klasse der Pyramiden giebt es zwar viele Ver-

schiedenheiten, allein sie lassen sich alle nach der Figur der Basis in folgende Gattungen bringen:

1) vierseitige Pyramiden mit rechtwinklicher Basis,
2) vierseitige Pyramiden mit rhomboidaler Basis,
3) sechsseitige Pyramiden,

Anmerkung. Einige Kryſtallographen rechnen auch das Rhomboeder (Fig. 29.) zu den Pyramiden, und nennen es dreiseitige Doppelpyramide, als was es auch allerdings gelten kann; allein da wir daran keine gemeinschaftliche Basis finden können, und das Rhomboeder überhaupt von den eigentlichen Pyramiden sehr verschieden ist, so halte ich es für besser, dasselbe davon abzusondern.

1. Gattung: Vierseitige Pyramide mit rektangulärer Basis (Tab. III. Fig. 23 und 24). Diese Pyramide haben mehrere Kryſtallographen an das Oktaeder angereihet, womit sie allerdings viele Aehnlichkeit hat, wovon sie aber durch ihr Axen-Verhältniß auffallend abweicht; die vierseitige Pyramide hat nämlich nur eine Hauptaxe a b und zwei Nebenaxen d e und c f. Uebrigens haben wir bei dieser Gattung Pyramide auſſer den beiden Endecken, 4 Seitenecken, 8 Endkanten und 4 Seitenkanten.

Die vierseitigen Pyramiden mit rechtwinklicher Basis begreifen wieder zwei Arten in sich, nämlich

1. Art: mit quadratischer Basis, wobei alle Seitenkanten gleich und alle Flächen gleichschenkliche Dreiecke sind.
2. Art: mit länglichvierseitiger Basis (Fig. 24), wobei zwei gegenüberstehende Seitenkanten länger und die andern zwei kürzer sind. Hier sind also die Dreiecke nur zwei und zwei der obern und untern Flächen einander gleich. Auch sind die Flächen ungleich gegen die Axe geneigt, nur zwei gegenüberstehende haben immer gleiche Neigung.

Außerdem giebt es noch

a) spitzige (Fig. 23.) und

b) stumpfe (Fig. 24), vierseitige Pyramiden.

Dieser Unterschied läßt sich leicht finden, wenn man das regelmäßige Oktaeder zum Anhalte nimmt; sind nämlich die vier sich in der Endecke vereinigenden ebenen Winkel, oder wenigstens zwei derselben, die einander gegenüber stehen, kleiner als 60°, mithin kleiner als die Winkel der Dreiecke des regelmäßigen Oktaeders, so bilden sie eine spitzige Pyramide; sind hingegen diese Winkel größer als die angegebenen Grenzen, so nennt man die Pyramide stumpf.

2. Gattung: Vierseitige Pyramide mit rhomboidaler Basis (Fig. 25). Hier ist die Basis ein Rhombus; mithin sind alle Flächen ungleichseitige Dreiecke, die einander gegenüberstehenden sind von gleicher Art.

3. Gattung: Sechsseitige Pyramide (hexagonale Pyramide) (Fig. 26 und 27). Dieß ist ein von 12 Dreiecken begrenzter Körper, daher er auch von einigen Krystallographen Triangulardodekaeder oder Pyramidaldodekaeder genannt wird.

Wir müssen vor Allem zwei Hauptarten unterscheiden, nämlich mit gleichschenklichen und mit ungleichschenklichen Dreiecken.

1. Art: Sechsseitige Pyramide mit gleichschenklichen Dreiecken (Fig. 26). Die Basis ist ein regelmäßiges Sechseck; die Seitenkanten und Ecken c d p f g h liegen alle in einer Ebene; alle Flächen sind gleiche und ähnliche Dreiecke, welche einander decken, und alle sind gleich gegen die Axe geneigt. Eben so sind alle Kanten gleich, welche die Flächen der obern und untern Pyramiden bilden.

Es giebt noch eine andere Art, nämlich eine sechsseitige Pyramide, deren Basis ein ungleichwinkliches (symmetrisches) Sechseck ist. Bei diesem sind die Flächen verschieden gegen die Achse geneigt; zwei gegenüberstehende Flächen sind gleich, die vier andern gegenüberstehenden Seitenflächen und Kanten aber verschieden.

2. Art: Sechsseitige Pyramide mit ungleichseitigen Dreiecken (Fig. 27). Bei dieser Gestalt liegen die Kanten der Basis c d e f g h im Zickzack, und die Flächen der einen Pyramide sind schief auf die andere aufgesetzt.

Die Flächen sind einander alle gleich und decken einander. Aber die Kanten, nebst den Winkeln, die sie bilden, sind verschieden; nur die abwechselnden Endkanten sind einander gleich, die einen mehr, die andern weniger gegen die Axe geneigt. Die Endkanten verhalten sich zu einander so, daß immer eine der längern von oben mit einer kürzern von unten zusammen trifft.

Diese Krystallgestalt besteht also aus stumpfwinklich und ungleichseitig triangulären Flächen, welche keine gemeinschaftliche Ebene zur Basis haben. Breithaupt hat sie daher auch mit Recht von den Pyramiden getrennt und Skalenoeder (von σκαληνὸς ungleich) genannt. Allein da sie im Uebrigen ganz mit den Pyramiden übereinstimmt, so glaube ich, um den Unterricht zu erleichtern, sie dabei stehen lassen zu müssen.

Uebrigens findet hinsichtlich der Winkel bei den Pyramiden, je nachdem sie spitzig oder stumpf, gleichseitig oder ungleichseitig u. s. w. sind, eine so große

Verschiedenheit statt, daß es ermüdend und unnütz wäre, sie hier anzugeben.

§. 74.

III. Rhomboeder. (Fig. 28 und 29). Dies ist eine von 6 gleichen und ähnlichen rautenförmigen Flächen (Rhomben) begrenzte Gestalt. Einige Krystallographen reihen das Rhomboeder an den Würfel, und nennen ihn geschobenen Würfel, denn er hat, wie der Kubus, 6 Flächen, 8 Ecken und 12 Kanten; die Flächen haben auch alle gleiche Ausdehnung, die Kanten alle gleiche Länge; und man kann sich das Rhomboeder aus dem Würfel entstanden, denken, insoferne man letztere etwas verschoben oder nach einer Seite hingedrückt, annimmt. Um also das Rhomboeder mit einem 4seitigen geschobenen Prisma vergleichen zu können, muß man es in die Lage bringen, wie es Fig. 30. vorgestellt ist. Allein es ist weit angemessener, diese Gestalt wie die Pyramiden, nämlich in der Stellung von Fig. 28 und 29 zu betrachten. In dieser richtigern Stellung geht die Hauptaxe von a nach b, und wir finden demnach 6 Endkanten (a zu m zu e zu i und b zu n zu o zu r); und 6 schiefe Seitenkanten (m r e o i n) 2 dreikantige Endecken (Endspitzen) und 6 dreikantige Seitenecken. In dieser Stellung läßt sich also das Rhomboeder auch als eine dreiseitige Doppelpyramide ansehen, allein da wir daran keine gemeinschaftliche Basis finden können, und diese Krystallgestalt auch in anderer Hinsicht von den Pyramiden abweicht, so dürfen wir sie dazu eben so wenig wie zum Würfel rechnen.

Da die Neigung der Flächen gegen die Axe in einem Rhomboeder ins Unendliche variiren kann, d. h. da in jeder der 6 Rhombenflächen der Winkel an der Endspitze, welcher

beim Würfel 90° ist, spitziger oder stumpfer werden kann, so unterscheidet man zwei Hauptarten vom Rhomboeder, nämlich

1) ein spitziges und 2) ein stumpfes.

1. Art: Spitziges Rhomboeder (Fig. 29). Die Neigung der Flächen gegen die Axe ist unter 35° 15′ 51¾″ und der Winkel jeder Rhombe an der Spitze beträgt weniger als 90°.

2. Art: Stumpfes Rhomboeder (Fig. 28). Der Winkel der Rhomben an den Endecken ist größer als 90°.

§. 75.

IV. Prismen. Ein Prisma, oder eine Säule nennt man jene einaxige Krystallgestalt, wobei alle Hauptflächen parallel mit der Hauptaxe laufen (Fig. 31—36).

Wir finden also an jedem Prisma 2 Endflächen, an deren Mittelpunkt die Axe endigt, oder wenn sie durch Zuschärfung und Zuspitzung verschwunden sind, als Ebenen gedacht werden müssen, welche eben so viele Seiten haben als Seitenflächen vorhanden sind. Ausser diesen End- und Seitenflächen haben wir am Prisma also auch End- und Seitenkanten. Da die Endflächen der Prismen gar mannigfaltigen Modifikationen unterliegen, so hat man bei der krystallographischen Bestimmung der Prismen das Hauptaugenmerk auf die Seitenflächen oder vielmehr auf die Figur der Basis (§. 67.) zu richten. In dieser Hinsicht unterscheiden wir 1) vierseitige rechtwinkliche, 2) vierseitige rhomboidale, 3) sechsseitige u. s. w. Prismen.

In Hinsicht auf das Verhältniß der Seitenflächen zu

den Endflächen unterscheidet man a) gerade oder senkrechte, und b) schiefe Prismen.

Gerade oder senkrechte Prismen heißen nämlich diejenigen, wobei die Endflächen mit der Axe einen rechten Winkel machen, und wobei alle Endkantenwinkel rechte sind (Fig. 31—35).

Schiefe Prismen aber heißen diejenigen, bei welchen die Endflächen mit der Axe einen schiefen Winkel bilden, daher nennt man sie auch Prismen mit schief aufgesetzter Endfläche (Fig. 36.). Dabei giebt es nun wieder viele Verschiedenheiten nach der Größe des Winkels, den die Endflächen mit der Axe machen, nach den Verhältnissen zu den Seitenflächen, z. B. ob sie auf die Seitenkanten oder auf die Seitenflächen aufgesetzt sind u. s. w.

Im Allgemeinen muß noch bemerkt werden, daß die Prismen eigentlich keine Grundformen sind, denn sie lassen sich alle aus dem Würfel, aus der Pyramide, aus dem Rhomboeder u. s. w. ableiten; allein da sie am häufigsten in der Natur vorkommen, und da sich in denselben das polare Streben bei der Bildung regelmäßiger Gestalten am deutlichsten ausdrückt, so halte ich es für zweckmäßig, diese Krystallgestalten ohne Rücksicht auf ihre Ableitung zuerst für sich zu betrachten.

1. Gattung: Vierseitiges Prisma mit rechtwinklicher Basis. Aus der Figur der Basis läßt sich diese Gattung leicht erkennen. Die Neigungswinkel der Seitenflächen sind immer rechte (von 90°). Nach den Verhältnissen der Seitenflächen und Endflächen lassen sich auch hier hauptsächlich folgende Arten unterscheiden.

1. Art: Gerades vierseitiges Prisma mit quadratischer Basis (Fig. 31).

2. Art: Gerades vierseitiges Prisma mit länglicher Basis (Fig. 32),

wobei zwei gegenüberstehende Seitenflächen breiter sind, als die übrigen beiden. Man nennt es auch eine flache oder breitgedrückte vierseitige Säule. Sowohl bei diesem als auch bei dem vorigen Prisma sind alle Winkel rechte.

3. Art: Schiefes vierseitiges Prisma mit quadratischer Basis.

4. Art: Schiefes vierseitiges Prisma mit länglich vierseitiger Basis.

Unter den schiefen Prismen (Fig. 36) giebt es mehrere Varietäten, je nachdem die schiefen Endflächen auf eine Seitenfläche oder auf eine Seitenkante aufgesetzt sind, und je nachdem die Winkel, welche diese Endflächen mit der Axe (oder der Basis) bilden, mehr oder weniger vom rechten Winkel abweichen.

2. Gattung: Vierseitiges Prisma mit rhomboidaler Basis (Fig. 33). Hier ist die Basis ein Rhombus; mithin sind von den Seitenflächen immer nur zwei und zwei einander gegenüberstehende gleich; und von den Diagonallinien der Basis ist eine länger und die andere kürzer. Dieses wird auch ein geschobenes vierseitiges Prisma genannt.

Ausser den großen Verschiedenheiten, welche die Neigungswinkel der Seitenflächen bei den rhomboidalen Prismen darbieten können, haben wir auch hier:

1. Art: ein gerades rhomboidales Prisma,

2. Art: ein schiefes rhomboidales Prisma.

Bei letzterm können nun die Endflächen gleichfalls unter verschiedenen Winkeln bald auf eine Seitenfläche, und bald auf eine Seitenkante aufgesetzt seyn. Im letztern Falle hat

das Prisma Aehnlichkeit mit einem Rhomboeder; allein es läßt sich sehr leicht davon unterscheiden, indem beim Prisma nicht alle 6 Flächen gleiche Rhomben sind.

3. Gattung: Sechsseitiges Prisma. Die Basis ist ein Hexagon. Davon haben wir folgende 2 Arten:

1. Art: Gleichwinkliches sechsseitiges Prisma (Fig. 34);

hier mißt jeder ebene Winkel der Seitenflächen 120°. Es wird auch regelmäßiges sechsseitiges Prisma genannt.

2. Art: Ungleichwinkliches sechsseitiges Prisma (Fig. 35),

wo die Winkel größtentheils kleiner als 120° sind. Hier giebt es nun wieder 2 Hauptvarietäten:

1) wo von den Seitenkantenwinkeln zwei und zwei gegenüberstehende gleich, die übrigen aber verschieden sind; dieses wird auch ein symmetrisches sechsseitiges Prisma genannt;
2) wo drei Seitenkanten gleich sind.

Uebrigens unterscheiden wir auch unter den sechsseitigen Prismen:

1) gerade, nämlich mit rechtwinklich aufgesetzten Endflächen;
2) schiefe mit schief aufgesetzten Endflächen.

§. 76.

Modificationen der Krystalle. Wenn ein Krystall mit einer (§§. 71—74.) beschriebenen Gestalt übereinstimmt, so nennt man denselben einfach oder vollkommen. Häufig finden wir aber noch andere Flächen, welche kleiner sind und vom Mittelpunkte entfernter liegen: oft aber auch sich so beträchtlich ausdehnen, daß sie die Flächen der einfachen

Gestalt größtentheils oder gänzlich verdrängen. Solche Flächen heißen Veränderungsflächen, und sind oft so zahlreich, daß sie die Bestimmung und Ableitung des Krystalls sehr erschweren. Ein auf solche Weise veränderter Krystall heißt ein abgeleiteter oder ein zusammengesetzter.

Die verschiedenen Veränderungen der einfachen Krystallgestalten können auf dreifache Weise geschehen:

1) Durch Abstumpfung; wenn an die Stelle einer Ecke oder Kante eine Fläche gekommen ist.

2) Durch Zuschärfung; wenn eine Kante, Ecke oder Fläche durch zwei an einander grenzende, oder dachförmig zusammentreffende Flächen ersetzt ist.

3) Durch Zuspitzung; wenn sich an einer Ecke oder Fläche drei oder mehrere in eine Spitze sich vereinigende Flächen finden.

§. 77.

Abstumpfung. Wenn sich in einem Krystalle Abstumpfungsflächen zeigen, so ist vor Allem zu bestimmen:

1) welche Ecken oder Kanten abgestumpft sind,

2) ob die Abstumpfung gerade oder schief ist.

Ist nämlich die Abstumpfungsfläche gegen die angrenzenden Flächen gleich geneigt, so nennt man sie eine gerade oder tangentale Abstumpfung. Diese geraden Abstumpfungen kommen an Krystallen sehr häufig vor und entsprechen oft den Hauptflächen einer andern Krystallgestalt; so z. B. entsprechen die geraden Abstumpfungen auf den Ecken des Würfels (Fig. 37.) den Flächen des regelmäßigen Oktaeders; während die geraden Abstumpfungen der Kanten des Würfels (Fig. 38.) die Flächen des regelmäßigen Rhomboidaldodekaeders sind; die tangentale Abstumpfung

der Endkanten des Rhomboeders (Fig. 39.) giebt die Flächen eines andern Rhomboeders u. s. w.

Ist die Abstumpfungsfläche nicht gleich gegen die angrenzenden Hauptflächen geneigt, so ist sie eine schiefe Abstumpfung.

§. 77.

Zuschärfung. Die Bildung zweier dachförmiger Flächen, d. h. die Zuschärfung findet man meistens auf Flächen (Fig. 40, 41, 42 u. 43.) und Kanten (Fig. 44. a b), selten aber auf Ecken.

Zuschärfungskante nennt man die Durchschnittslinie a b der beiden zuschärfenden Flächen (Fig. 40—44). Zuschärfungswinkel heißt der von diesen Flächen gebildete Neigungswinkel.

Uebrigens können die Zuschärfungsflächen bald auf entgegengesetzte Kanten (Fig. 41.), bald auf entgegengesetzten Flächen (Fig. 40.) aufgesetzt seyn u. s. w.

§. 78.

Zuspitzung. Bei der Zuspitzung müssen wenigstens drei Flächen vorhanden seyn, welche einen Theil einer Grundgestalt ersetzen; übrigens kann sie auch 4, 6, 8 Flächen haben.

Im Allgemeinen hat eine Zuspitzung stets an den Enden einer Axe statt. Alle Zuspitzungsflächen sind in der Regel gleich geneigt gegen die Axe, auf welcher die Zuspitzung steht. Ist dieses nicht der Fall, so betrachtet man die Zuspitzungsflächen besser als eine Vereinigung von Abstumpfungen und Zuschärfungen.

Sehr häufig finden wir die Zuspitzungen statt der Endflächen bei Prismen (Fig. 45—49.); oft aber auch bei an-

dern Krystallgestalten, z. B. an den Ecken des Tetraeders (Fig. 50.) oder des Würfels (Fig. 51.) oder des Oktaeders (Fig. 52.) u. s. w.

Bei der Bestimmung der Zuspitzungen hat man sein Augenmerk vorzüglich auf die Endspitzen, und auf die Seitenkanten, welche die Zuspitzungsflächen mit der Hauptgestalt bilden, endlich auf die Theile, auf welche die Zuspitzungsflächen aufgesetzt sind, zu richten. So z. B. haben wir Fig. 45. ein vierseitiges Prisma, wo die Zuspitzungsflächen auf den Seitenflächen ruhen; Fig. 46. wo die Zuspitzungsflächen auf die Seitenkanten aufgesetzt sind; Fig. 47. ein sechsseitiges Prisma, mit dreiflächiger Zuspitzung auf drei abwechselnden Seitenflächen aufgesetzt.

Die Zuspitzungen endigen sich auch bisweilen statt in einem Punkte in einer Linie (Fig. 49.).

So wie man bei Abstumpfungen und Zuschärfungen darauf sieht, ob sie schwach oder stark sind, eben so ist es auch bei den Zuspitzungen öfters nöthig zu bestimmen, ob ein kleinerer oder größerer Theil der Grundgestalt in die Zuspitzung gefallen ist.

Uebrigens finden wir auch bei diesen Modifikationen der Krystallgestalten das Gesetz der Symmetrie unverkennbar ausgedrückt; der einen Abstumpfungs- Zuschärfungs- oder Zuspitzungsfläche entspricht immer eine ihr entgegengesetzte, und wenn ein Krystall an dem einen Pole eine solche Veränderung zeigt, so muß sich dieselbe in der Regel auch an dem entgegengesetzten finden lassen; man braucht daher einen Krystall nicht in seinem ganzen Umfange zu sehen, um ihn genau bestimmen können. Wenn hin und wieder Ausnahmen von diesem symmetrischen Gesetze vorkommen, so rühren sie ohne Zweifel von äussern Einflüssen her, welche

bei der Krystallisation die polare Wirkung der Cohäsionskraft gestört haben.

§. 79.

Nebeneinander und übereinander befindliche Veränderungen. Die größte Schwierigkeit bei der Bestimmung der Krystallgestalten bieten diejenigen zusammengesetzten Krystalle dar, woran mehrere Veränderungen zugleich vorhanden sind. Es können nämlich an einem Krystall neben den Abstumpfungen auch Zuschärfungen oder Zuspitzungen, oder alle drei Veränderungen zugleich vorkommen. So z. B. haben wir Fig. 53. ein 4 seitiges Prisma mit rhomboidaler Basis, woran statt der Endflächen eine Zuschärfung n n vorhanden, und wo noch ausserdem die lateralen Zuschärfungsecken abgestumpft sind mit ss. Dieß nennt man eine **nebeneinander befindliche Veränderung.**

Oft findet man aber die Veränderungen neuerdings verändert, und dann nennt man sie eine **übereinander befindliche Veränderung.** So haben wir Fig. 54. ein quadratisches Prisma, wo an die Stelle der Endflächen an jedem Pole 8 Zuspitzungsflächen m m m m m m m m gekommen sind, wovon je zwei den Seitenflächen entsprechen, deren Gipfel aber wieder mit einer zweiten vierflächigen Zuspitzung o o versehen ist, deren Flächen auf den stumpfen Kanten der erstern achtseitigen Zuspitzung ruhen. Dieses Prisma ist also zweimal zugespitzt. So giebt es auch Krystalle, woran man eine zweimalige Zuschärfung oder Abstumpfung findet. Ist die Zuschärfungskante ebenfalls zugespitzt, so nennt man es auch eine dreimalige Abstumpfung.

In Bildung solcher nebeneinander und übereinander befindlichen Veränderungen ist die Natur sehr reich; und

es wäre zu weitläufig, sie hier alle aufzählen zu wollen. Bei ihrer Beschreibung ist nur immer darauf zu sehen, daß man die Abstumpfungen, Zuschärfungen und Zuspitzungen einzeln nach den Gesetzen der Symmetrie aufsucht und nicht miteinander verwechselt.

§. 80.

Uebergänge der Krystallgestalten. Da die Veränderungen der einfachen Gestalten durch Abstumpfung, Zuschärfung und Zuspitzung, so lange keine äussere Störung eintritt, nach den Gesetzen der Symmetrie auf bestimmte Weise vor sich gehen, so ist man im Stande, wenn man die Grundgestalt, und die Modifikationen, denen sie unterworfen seyn kann, genau kennt, zu wissen, welche Veränderungen an einer Grundgestalt vorkommen können, und welche nicht. Breiten sich die Veränderungsflächen weiter aus, so können sie entweder

1) die ursprünglichen Flächen der Grundgestalt ganz verdrängen, so daß eine neue Form mit ganz andern Flächen zum Vorschein kömmt; oder sie können

2) die Flächen der Grundgestalt nur so weit verdrängen, daß sie damit in ein gleiches Verhältniß treten; oder sie können endlich

3) die ursprünglichen Flächen so weit verdrängen, daß die letztern wie Veränderungsflächen erscheinen.

Es können sich aber auch

4) gewisse Flächen einer Grundgestalt über die andern so sehr ausbreiten, daß einige davon gänzlich verschwinden, wodurch gleichfalls eine veränderte Krystallgestalt zum Vorschein kömmt.

Durch das Studium des Krystallgefüges oder Blätter-

durchgangs (§. 69.) kann man sehr leicht die Uebergänge kennen lernen, deren ein Krystall fähig ist. Drei Blätterdurchgänge können den Würfel, das Rhomboeder oder ein vierseitiges Prisma erzeugen; vier Blätterdurchgänge können das regelmäßige Oktaeder, die vierseitige Pyramide, das sechsseitige Prisma; sechs Blätterdurchgänge das Rhomboidaldodekaeder die sechsseitige Pyramide u. s. w. hervorbringen. Ueberhaupt entspricht ein Blätterdurchgang zweien entgegengesetzten Flächen, mithin sind immer halb so viel Blätterdurchgänge vorhanden als Flächen da sind, oder entwickelt werden können.

§. 81.

Uebergänge der sphäroedrischen Krystalle. Alle sphäroedrischen Krystalle können vom Würfel abgeleitet werden, daher man dieses Krystallsystem mit Recht auch das Tessularsystem nennt. Durch Abstumpfung der acht Ecken des Würfels (Fig. 37.) kann, wenn sich diese Abstumpfungsflächen so sehr ausbreiten, daß die ursprünglichen Flächen gänzlich verschwinden ein regelmäßiges Oktaeder zum Vorschein kommen.

Umgekehrt kann das Oktaeder durch Abstumpfung der 6 Ecken in den Würfel übergehen.

Wenn die Kanten des Würfels gerade abgestumpft werden (Fig. 38.) und die Abstumpfungsflächen sich über die Flächen des Würfels hinaus erstrecken, so entsteht ein Rhomboidaldodekaeder.

Das Rhomboidaldodekaeder (Fig. 17.) geht umgekehrt, wenn die 6 vierkantigen Ecken a b c d e f abgestumpft werden, in den Würfel über.

Durch schiefe Abstumpfung der 12 Kanten geht der Würfel in das Pentagonaldodekaeder über.

Wenn die Ecken des Würfels mit 3 Flächen zugespitzt werden (Fig. 51.) und die Zuspitzungsflächen auf die Flächen des Würfels aufgesetzt sind, und wenn sich diese 24 Zuspitzungsflächen über die Flächen des Würfels ausbreiten, so bilden sie ein Trapezoeder (Fig. 21). Durch unmittelbare Abstumpfung der Kanten des Trapezoeders entsteht das Rhomboidaldodekaeder.

Auch das Tetraeder läßt sich — zwar gegen die Grundsätze der Symmetrie — aus dem Würfel ableiten, wenn nämlich nur die vier abwechselnden Ecken e i m s desselben bis auf die Diagonallinie abgestumpft werden.

Das Tetraeder geht in das Oktaeder über, wenn die 4 Ecken desselben abgestumpft werden.

Aus dem Oktaeder geht das Tetraeder wieder in ein spitzwinkliches Rhomboeder über, wenn zwei gegenüberstehende Flächen des Oktaeders verschwinden.

Das Ikosaeder (Taf. VI. Fig. 55.), nämlich ein von 20 Dreiecken begrenzter Körper, wovon die Flächen nicht alle gleichartig sind, indem nur 8 Dreiecke gleichseitig, und die übrigen 12 gleichschenklich sind, und wovon immer fünf von diesen Dreiecken sich zur Bildung der 12 Ecken vereinigen, läßt sich gleichfalls aus dem Würfel ableiten, indem dasselbe nichts anders ist als das Pentagonaldodekaeder (Fig. 19.) an 8 Ecken, wodurch die 4 Axen gehen, so weit abgestumpft, daß sich die dadurch entstehenden Dreiecke berühren. (Die Buchstaben bei Fig. 55. beziehen sich auf Fig. 19.)

Aus dem Würfel entsteht ferner jene mit 24 Dreiecken begrenzte Krystallgestalt, welche Ikositessaraeder oder Ikositetraeder genannt wird (Fig. 57.), dadurch, daß

die Würfelkanten zugeschärft werden (Fig. 56.) und die Zuschärfungsflächen b b b b b b sich über die Flächen des Würfels ausdehnen, und darauf eine Spitze bilden; oder was dasselbe ist, daß die Flächen des Würfels vierflächig zugespitzt werden. Auch aus dem Oktaeder läßt sich dieß Ikositetraeder ableiten.

Wenn die Flächen des Oktaeders mit 6 Flächen zugespitzt werden, so kömmt auf jede Fläche desselben eine sechsseitige flache Pyramide, und so entsteht ein mit 48 Flächen begrenzter Körper Tesserakontaoktaeder (Fig. 58). Ein mit 30 Flächen begrenzter Körper, Triakontaeder (Fig. 59.), läßt sich gleichfalls aus dem Würfel ableiten, wenn nämlich die Ecken desselben so zugespitzt werden, daß die Zuspitzungsflächen auf die Kanten aufgesetzt sind, und sich so ausdehnen, daß sie die Flächen des Würfels beinahe verdrängen u. s. w.

§. 82.

Uebergänge der Pyramiden, Rhomboeder und Prismen. Die einaxigen Krystalle unterliegen durch Abstumpfungen, Zuschärfungen und Zuspitzungen gar mannigfaltigen Modificationen und gehen häufig in einander über.

So können alle vierseitigen Pyramiden durch Abstumpfung der Endkanten in achtseitige Pyramiden, eben so alle vierseitigen Prismen durch Abstumpfung der Seitenkanten in sechsseitige und in achtseitige Prismen übergehen, und so umgekehrt. Eben so können alle Pyramiden durch Abstumpfung der Seitenkanten oder Seitenecken in Prismen mit zugespitzten Endflächen; und diese wieder durchs Verschwinden der Seitenflächen in Pyramiden übergehen.

Aus einem vierseitigen rechtwinklichen Prisma kann auch ein Prisma mit rhomboidaler Basis entstehen, wenn nämlich

die Seitenflächen durch die Ausbreitung der Abstumpfungsflächen der Seitenkanten verschwinden. Das vierseitige rhomboidale Prisma kann dann wieder durch Abstumpfung zweier entgegengesetzten Seitenkanten in ein sechsseitiges ungleichwinkliches Prisma übergehen.

Das sechsseitige Prisma wird durch Abstumpfung seiner Seitenkanten in ein zwölfseitiges Prisma übergehen.

Aus dem regelmäßigen sechsseitigen Prisma kann auch ein dreiseitiges Prisma entstehen, wenn nämlich drei abwechselnde Seitenflächen durch Ausbreitung der drei übrigen verdrängt werden. Eben so entsteht auch aus dem sechsseitigen Prisma ein neunseitiges, durch Abstumpfung der abwechselnden Seitenflächen.

Ein vierseitiges Prisma mit quadratischer Basis kann leicht in einen Würfel übergehen; so wie auch umgekehrt dieser sich in ein Prisma verlängern kann.

Auch das Rhomboidaldodekaeder kann, wenn es sich nach einer Hauptaxe ausdehnt, in ein vierseitiges Prisma übergehen; und umgekehrt, kann ein vierseitiges Prisma in ein Rhomboidaldodekaeder übergehen, wenn sich die obere und untere Zuspitzung einander nähern.

So wie die Pyramiden durch Abstumpfung der Seitenecken oder Seitenkanten in Prismen übergehen, eben so kann auch das regelmäßige Oktaeder das Ansehen eines Prisma bekommen.

Wenn sich bei dem Oktaeder oder bei einer vierseitigen Pyramide 4 Flächen bedeutend ausdehnen (Fig. 60), so entsteht gleichfalls ein vierseitiges Prisma mit rhomboidaler Basis und mit zugeschärften Endflächen.

Die Quadratpyramide kann auch einem Rhomboidaldodekaeder ähnlich werden.

Das Rhomboeder kann gleichfalls durch Abstumpfung seiner 6 Endkanten (Fig. 39.) oder durch Abstumpfung seiner 6 Randkanten (Fig. 62.) oder durch Abstumpfung der 6 Randecken (Fig. 63.) oder durch Zuschärfung dieser Theile u. s. w. verschiedene Uebergänge bilden. Wenn diese Modificationen die Urflächen gänzlich verdrängen, so entstehen durch Abstumpfung Körper mit 6 Flächen, und durch Zuschärfung Körper mit 12 Flächen, und in jedem dieser neuen Körper werden die Flächen gleich gegen die Axe gelagert seyn. So kann also aus einem Rhomboeder durch Abstumpfung seiner Endkanten (Fig. 39.) oder seiner Seitenecken (Fig. 63.) ein anderes Rhomboeder; oder durch tangentale Abstumpfung der beiden Endecken oder Scheitel, (Fig. 64.) ein regelmäßiges sechsseitiges Prisma oder eine Art vierseitiger Pyramide entstehen. Durch mehr oder weniger stumpfe Zuschärfung entweder der sechs Seitenkanten oder der 6 Endkanten kann sich das Rhomboeder in eine sechsseitige Pyramide mit ungleichseitigen Dreiecken (Fig. 27.) verwandeln ꝛc.

Durch Zuspitzung der Endecken (Fig. 61.) kann das Rhomboeder in unregelmäßige sechsseitige Pyramiden übergehen.

§. 83.

Tafeln. Wenn sich an einem Krystall zwei gegenüberstehende Flächen sehr ausdehnen und einander nähern, so entstehen die sogenannten Tafeln. Es ist also leicht einzusehen, daß verschiedene Grundgestalten durch Modifikation zu Tafeln werden können, und daß also die Tafelform eigentlich keine besondere Krystallgestalt ist. Meistens sind es 4- und 6seitige Prismen, welche in Tafelform erscheinen, entweder

indem sie sehr kurz werden, und zwar so, daß die beiden Endflächen nur als Tafelflächen erscheinen, oder indem zwei entgegengesetzte Seitenflächen die übrigen größtentheils verdrängen, und so sehr flache Prismen oder Tafeln bilden. Aber auch Würfel, Oktaeder Pyramiden u. s. w. können in Tafeln übergehen.

Da es oft bequemer ist, die Tafeln als solche zu betrachten, so nennt man die beiden Tafelflächen auch Seitenflächen; und die schmälern Endflächen.

Uebrigens unterscheidet man dicke und dünne, lange und schmale Tafeln.

§. 84.

Abgeleitete Krystallformen. Die Bestimmung der modificirten Krystalle kann auf zweifache Weise geschehen:

1) nach der Aehnlichkeit der Krystallgestalt, wenn man nämlich den Krystall so beschreibt, wie er erscheint, ohne seine Abstammung zu berücksichtigen; dieses ist die repräsentative Bestimmung; sie ist zwar bequem, aber wenig wissenschaftlich;

2) nach der Abstammung, wenn man den zusammengesetzten oder modificirten Krystall nach seiner einfachen oder Grundgestalt bestimmt. Dieses nennt man die derivative Bestimmung; sie fordert ein tieferes Studium der Krystallographie und ist in wissenschaftlicher Hinsicht weit vorzüglicher.

Am besten ist es aber, wenn man beide Bestimmungsmethoden mit einander vereiniget. Auch ist es bei manchen Krystallen gleichgültig, ob man sie repräsentativ oder derivativ nimmt; so z. B. kann man das Oktaeder, Dodekaeder, Trapezoeder u. s. w. entweder als solche oder aus dem Würfel abgeleitet nehmen.

§. 85.

Verbindung der Krystalle. Im Krystallisationsprozesse können sich unter verschiedenen Umständen und äussern Einflüssen einzelne Krystalle nach allen Seiten vollkommen symmetrisch und frei ausbilden, wenn sie auch in der Folge, — was vorzüglich im Mineralreiche der Fall ist — auf andere Körper durch Adhäsion aufgewachsen oder in sie eingewachsen erscheinen.

Meistens aber gruppiren sich die einzelnen Krystalle unter sich mehr oder weniger regelmäßig und bilden so Zusammenhäufungen, welche mit besondern Namen bezeichnet werden.

1) Zwillingskrystalle, Drillingskrystalle u. s. w. nennt man sie, wenn bei der Krystallisation zwei, drei u. s. w. Krystalle von einerlei Gestalt mit einer ihrer ähnlichen Flächen sich symmetrisch vereiniget haben, und so zusammengewachsen sind, daß die Axen parallel neben einander, oder senkrecht auf einander stehen, oder sich unter verschiedenem Winkel durchkreuzen. Sind mehrere Prismen parallel an einander gewachsen, so bilden sie oft von aussen einspringende Winkel, wodurch sie ein gestreiftes oder gefurchtes Ansehen erhalten; bisweilen bleibt auch in der Mitte längs der Axen der Krystalle ein leerer Raum, wie dieß z. B. beim Salpeter der Fall ist.

2) Hemitropien (Halbumdrehungen), wenn zwei Theile oder Hälften eines Krystalls in umgekehrter Richtung ihrer natürlichen Lage so zusammengewachsen sind, daß sie gewissermassen einen unsymmetrischen Krystall bilden. Wenn man z. B. annimmt, daß das Oktaeder, welches Fig. 65. auf einer Fläche b d f liegend dargestellt ist, durch eine Ebene m n o p q r parallel zweien seiner Flächen in zwei Hälften getheilt ist, und daß die obere

Hälfte umgedreht wird (Fig. 66.), so daß der Theil, welcher vorher rechts war, links zu liegen kommt, so erhält man eine oktaedrische Hemitropie. Solche hemitropische Krystalle findet man nicht nur beim Oktaeder (z. B. beim Alaun und Spinell), sondern auch bei andern Krystallgestalten, vorzüglich beim Rhomboeder und Rhombenprisma (Feldspath, Kalkspath) ꝛc.

3) Strahlige, 4) sternförmige, 5) pyramidenförmige, 6) garbenartige, 7) treppenförmige, 8) knospenartige, 9) faserige, 10) stängliche, 11) schalige, 12) gestrickte Drusen oder Gruppirungen der Krystalle kommen häufig vor, und sind leicht zu unterscheiden.

§. 86.

Größe der Krystalle. Was die Größe und Deutlichkeit der Krystalle betrifft, so macht man zwar verschiedene Unterschiede zwischen großen, mittelmäßigen, kleinen und sehr kleinen Krystallen, allein diese Größenverhältnisse ändern im Wesen der Krystalle nichts. Wenn die Krystalle so klein und unvollkommen ausgebildet sind, daß man sie nicht genau bestimmen kann, so nennt man sie körnig (mehraxig), oder schuppig, oder nadelförmig, haarförmig (einaxig).

§. 87.

Afterkrystalle. Schlüßlich ist noch derjenigen regelmäßigen Gestalten zu erwähnen, welche nicht unmittelbare Produkte der polaren Wirkung der Cohäsionskraft sind, sondern ihre Entstehung mehr dem Zufalle zu verdanken haben, indem sie dadurch entstanden sind, daß ursprüngliche Krystalle von einer fremdartigen Masse umhüllt und nachher aus irgend

einer Ursache durch Schmelzung oder Auflösung wieder verschwunden sind, und so die umhüllende Masse gleichsam als einen Model zurück gelassen haben, der sich nachher durch Einsintern oder Einschlämmen mit einer fremden Masse ausfüllte, die nach dem Erstarren die Gestalt des ursprünglichen Krystalls erhielt. Diese unächten Krystalle nennt man Afterkrystalle, oder Pseudokrystalle; sie kommen bisweilen im Mineralreiche vor, und sind sehr leicht an dem gänzlichen Mangel des krystallinischen Gefüges zu erkennen.

Man unterscheidet auch nachgebildete Krystalle, welche zwar ursprünglich entstanden, aber in der Folge in ihrer chemischen Constitution eine wesentliche Veränderung erlitten, z. B. einen Bestandtheil mit einem andern vertauscht haben, ohne die ursprüngliche Krystallgestalt zu verändern.

§. 88.

Efflorescenz. Eine besondere Wirkung der Cohäsionskraft ist die Efflorescenz oder das Auswachsen; wenn sich nämlich beim Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand die krystallisirende Masse über die Oberfläche der Flüssigkeit erhebt, und an den Wänden des Gefäßes emporkriecht, oder wohl auch frei sich erhebt, und eine der Vegetation ähnliche Erscheinung bildet. Verschiedene Salze, z. B. der Salmiak, das eisenblausaure Natron u. s. w. besitzen diese sonderbare Eigenschaft in einem ausgezeichneten Grade. Bei genauer Betrachtung findet man in der efflorescirten Masse ein krystallinisches Gefüge, und eine federblätter- oder röhrenförmige Zusammenhäufung kleiner Krystalle.

Die Ursache der Efflorescenz ist eine gleichzeitige Wirkung der Cohäsionskraft und der Adhäsion an den

Wänden der Gefäße, oder der feinen Röhrchen, welche die kleinen Kryställchen bei ihrer Aneinanderreihung bilden, und in welchen die krystallisirende Flüssigkeit nach dem Gesetze der Haarröhrchen-Anziehung (§. 111.) emporsteigt. Bisweilen scheint auch die theilweise Verflüchtigung und wieder Condensirung der krystallisirenden Substanz an der Efflorescenz Theil zu nehmen.

§. 89.

Verwitterung. Wenn ein krystallisirter oder überhaupt fester Körper nach und nach einen flüchtigen Bestandtheil z. B. Wasser durch Verdunstung verliert, oder überhaupt seine chemische Constitution ändert, so wird die polare Wirkung der Cohäsionskraft gestört, und der Krystall zerfällt zu Pulver, oder wird wenigstens leichtzerreiblich. Diese Veränderung nennt man Verwitterung, Zerfallen.

§. 90.

Härte. Der Widerstand, den feste Körper äußern Eindrücken entgegensetzen, giebt den Begriff von Härte. Man unterscheidet verschiedene Grade von Härte, und prüft sie wechselweise durchs Ritzen mit scharfen Ecken oder mit der Feile oder durchs Schaben mit dem Messer. Der härteste unter allen jetzt bekannten festen Körpern ist der Diamant, denn er ist im Stande alle übrigen festen und harten Körper, z. B. Stahl, Quarz, Glas u. s. w. zu ritzen.

Körper, welche sehr wenig Härte besitzen, und schon mit dem Fingernagel geritzt werden können, z. B. Gyps, Talk, Kreide u. s. w. nennt man weich.

§. 91.

Relative Festigkeit. Den Begriff von Festigkeit haben

wir bereits (§. 25.) bestimmt. Den Grad derselben bemessen wir nach der Gewalt, welche nöthig ist, um die Cohäsions-Kraft zu überwinden und zusammenhängende Theile zu zerreißen. Um die Festigkeit verschiedener Körper zu bestimmen, nimmt man cylindrische oder prismatische Stäbe von gleicher Dicke, befestiget sie an einem Ende senkrecht, und hängt an das andere nach und nach so viele Gewichte, bis die Cylinder oder Stäbe reißen. Aus der Menge der Gewichte ergeben sich die Grade der Festigkeit verschiedener Körper. Bei Fäden aus Leinen, Seide, Wolle, Baumwolle ꝛc., bei Saiten, Haaren, Stricken, Metalldrähten, welche bei ihrer Anwendung um so größere Brauchbarkeit und Dauerhaftigkeit besitzen, je mehr sie der Zerreißung widerstehen, ist die Bestimmung ihrer Festigkeitsgrade von großer Wichtigkeit.

Viele Versuche über die Festigkeit verschiedener Körper haben vorzüglich Büffon, Musschenbröck, Graf von Sickingen, Guyton de Morveau, Parent, Belidor, Girard, Schmidt und Eitelwein angestellt. Nach Musschenbröck rissen gegossene Parallelepipeda, deren Querschnitt ein Quadrat war von $\frac{289}{10000}$ eines Quadratzolles

aus	bei einem Gewichte von
teutschem Eisen	1930 Pfunden
feinem Silber	1156 —
schwedischem Kupfer	1054 —
feinem Golde	578 —
japanischem Kupfer	573 —
reinem englischem Zinne	110 —
Wismuth	von 85 bis 92 —
goslarischem Zink	— 76 — 83 —

Spießglanzmetall	30 Pfunden
englischem Blei	25 —

Versuche mit Metalldrähten, welche Graf von Sickingen und Guyton de Morveau angestellt haben, gaben andere Resultate, weil einige Metalle beim Ziehen zu Drähten fester, andere dagegen zerbrechlicher werden. Auch können verschiedene andere Umstände, z. B. das besondere Verfahren beim Drahtziehn, die Länge der Drähte u. s. w. die Festigkeit modificiren.

Ueber die Festigkeit verschiedener Holzarten hat Musschenbröck gleichfalls Versuche angestellt, welche besonders für die Baukunst wichtig sind. Er fand daß Parallelepipeda von 0,0729 Quadratzoll in Querschnitt rissen

aus	bei einem Gewichte von
Buchen- und Eschenholze	1250 Pfunden
Eichen	1150 —
Ulmen	950 —
Tannen	600 —

Bei Versuchen, welche Musschenbröck und Du Hamel über die Festigkeit von Stricken, Seidenfäden u. s. w. angestellt haben, ergab sich unter andern, daß ein Seidenfaden fast dreimal mehr Festigkeit besitzt als ein eben so dicker Faden von Flachs; daß ein Faden aus Menschenhaaren von der Dicke eines Pferdehaares stärker ist als letzteres; daß die Stricke um so stärker sind, je weniger sie gedreht, und aus je feinern Fäden sie verfertiget worden; daß gebleichte Fäden eine geringere Festigkeit haben als ungebleichte, eben so getheerte Stricke schwächer sind als ungetheerte u. s. w.

Die Festigkeit der Metalle kann man durch mäßiges Walzen und Hämmern oft ansehnlich verstärken, wahrscheinlich, weil die kleinsten Theile dadurch näher in Berührung

gebracht werden. Aus demselben Grunde gewinnen auch Tücher durchs Walken und Pressen.

In der Kälte werden die meisten Körper gleichfalls fester als in der Wärme, weil erstere die Körper zusammenzieht, während sie die Wärme ausdehnt, mithin ihre Cohäsionskraft schwächt. Einige Metalle, vorzüglich der Stahl, werden durch das sogenannte Ablöschen gleichfalls fester, aus demselben Grunde, indem nämlich beim Eintauchen in eine kalte Flüssigkeit die glühenden und noch weichen Theile des Metalls sich stark zusammenziehen können, während sie beim langsamen Erkalten ein mehr krystallinisches Gefüge annehmen, mithin leere Zwischenräume in ihrem Innern bilden, wodurch der Zusammenhang nothwendig geschwächt wird.

Das Glühen macht viele Körper mürbe und leicht zerbrechlich, weil meistens ein Bestandtheil (Krystallwasser) dabei verflüchtiget, oder die chemische Constitution, wodurch der Körper Festigkeit erhalten hatte, abgeändert wird; daher glüht man feste Mineralien, um sie zerreiben zu können. Indessen giebt es auch einige Körper, vorzüglich Töpferthon — nämlich eine Verbindung von Alaunerde und Kieselerde — so wie auch einige Metalle, welche durchs Glühen sehr an Festigkeit und Härte gewinnen; aus dem Grunde nämlich, weil sie in der Glühhitze eine unvollkommene Schmelzung eine Zusammensinterung der lockern Theile erleiden, gleichwie gepulvertes Harz durchs Erhitzen zusammenfließt, und dadurch einen Grad von Härte und Festigkeit erhält, welchen das Pulver zuvor nicht hatte.

Einige Metalle haben für sich im reinen Zustande einen geringern Grad von Festigkeit als im vereinigten (zusammengeschmolzenen) Zustande, z. B. Zinn, Zink und Kupfer; daher verfertiget man solche Zusammensetzungen (Compositionen oder Legirungen), um den Metallen mehr Härte,

Festigkeit und Glanz zu geben, z. B. aus Zink und Kupfer Messing, Tombak, Semilor; aus Zinn und Kupfer Bronze, Kanonengut u. s. w. Viele Versuche haben übrigens gezeigt, daß die Festigkeit der Körper gar nicht im Verhältniß ihrer Dichtigkeit steht. Die Festigkeit des Eisens z. B. verhält sich zu jener des Goldes, wie 10 zu 3, da doch das specifische Gewicht des Eisens nur 7,788, des Goldes aber 19,361 ist.

Auch steht die Festigkeit nicht im Verhältniß der Zähigkeit oder Geschmeidigkeit, auch nicht im Verhältniß ihrer Elasticität, ihrer Sprödigkeit, Weichheit u. s. w.

§. 92.

Bewegung fester Körper. Da die festen Körper den meisten Widerstand leisten, so sind sie auch zur Hervorbringung eines großen mechanischen Effekts, durch Fall, Druck, Stoß, Zug u. s. w. am geeignetsten. Daher sind bei allen mechanischen Bewegungen, wenn auch die bewegende Kraft die Nervenkraft, oder bei unorganischen Körpern die Expansivkraft oder Schwere einer Flüssigkeit ist, jederzeit feste Körper nöthig, um die Bewegung fortzupflanzen und die beabsichtigte Wirkung mittelst Hebel, Rolle, Rad, Keil u. s. w. hervorzubringen.

§. 93.

Schwerpunkt. Bei festen Körpern, oder überhaupt bei Körpern, deren Theilchen ziemlich fest an einander hängen, brauchen nicht alle Theilchen unterstützt zu seyn, oder von oben gehalten zu werden, um das Fallen oder Umsinken derselben zu verhindern. Der feste Zusammenhang unter den einzelnen Theilchen macht, daß, wenn der Körper nur an einzelnen, oder gar nur an einem einzigen Punkte

unterstützt oder aufgehängt ist, dadurch alle übrigen Theile des Körpers gehindert sind, der Schwerkraft zu folgen. Diesen Punkt nennt man Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Schwere, man kann sich in ihm das ganze Gewicht des Körpers vereiniget denken, denn die den Schwerpunkt eines Körpers unterstützende Unterlage trägt das ganze Gewicht desselben. Die Unterstützung des Schwerpunktes reicht also allein zu, daß der Körper fest steht; sobald aber der Schwerpunkt nicht mehr unterstützt ist, so verliert der ganze Körper sein Gleichgewicht und fällt.

Bei gleichförmig dichten Körpern fallen Schwerpunkt und Mittelpunkt der Größe zusammen; ist nun die Gestalt des Körpers regelmäßig, so läßt sich sein Schwerpunkt leicht durch Rechnung finden. Bei Körpern aber, welche in der Masse ungleich sind, z. B. bei einem hölzernen Cylinder, welcher auf einer Seite mit Blei ausgegossen ist, ist der Schwerpunkt nicht im Mittelpunkte zu suchen.

Denkt man sich vom Schwerpunkte eines Körpers eine senkrechte Linie bis zum Mittelpunkt der Erde gezogen, so hat man die Direktionslinie der Schwere.

Je größer die Unterstützungsfläche eines Körpers ist, je mehr der Schwerpunkt desselben mit dem Mittelpunkt dieser Fläche zusammenfällt, je weiter also die Grenze der Unterstützungsfläche von der Directionslinie der Schwere entfernt ist, desto weniger ist er zum Umfallen geneigt. Wenn aber die Direktionslinie der Schwere sehr nahe an der Grenze der Unterstützung liegt, so verliert derselbe leicht das Gleichgewicht; daher kann eine Kugel auf einer schiefen Ebene nicht ruhen, weil ihr Schwerpunkt immer ausserhalb des Unterstützungspunktes fällt. Auf einer vollkommenen horizontalen Ebene aber kann eine Kugel an jedem Punkte ihrer Oberfläche ruhig stehen, weil der Unterstützungspunkt mit

dem Schwerpunkte genau zusammentrifft. Bei einem Thurme ist die Fläche, auf welcher er mit seiner Basis steht, die Unterstützung; so lange die senkrechte, durch seinen Schwerpunkt gezogene Linie noch auf diese Fläche fällt, steht er fest; sobald der Thurm aber soweit überhängt, daß diese Linie ausserhalb jener Fläche fällt, so stürzt er zusammen.

Bei einem frei und aufrechtstehenden Menschen liegt der Schwerpunkt ziemlich tief im Unterleibe, und die Direktionslinie fällt zwischen beide Füße; daher neigt sich der Körper etwas auf die rechte Seite, wenn man auf dem rechten Fuße, und auf die linke Seite, wenn man auf dem linken Fuße allein stehen will, damit die Direktionslinie in die Basis des unterstützenden Fußes falle.

Wenn indessen auch der Schwerpunkt ausserhalb der Unterstützungsfläche fällt, so kann sich der Körper doch vor dem Fallen schützen, wenn die Direktionslinie der Schwere durch eine geschickte Bewegung schnell ihre Lage verändern kann; beim Laufen biegt der Mensch den Körper so weit vorwärts, daß er beständig fallen würde, wenn nicht das schnelle und abwechselnde Vorwärtssetzen der Füße dieß verhinderte. In der Fertigkeit, die Direktionslinie selbst auf einer sehr kleinen Fläche zu behalten, oder, wenn sie verrückt worden, sie schnell wieder auf dieselbe zu versetzen, beruht größtentheils die Kunst der Seiltänzer u. s. w.

Die Lehre vom Schwerpunkt ist für die Mechanik von großer Wichtigkeit, weil die ganze Kraft eines frei sich bewegenden Körpers daselbst concentrirt ist.

§. 94.

Fall fester Körper. Solange der Schwerpunkt eines Körpers nicht unterstützt ist, solange dauert sein Fallen. Die Schwere wirkt während dieser Zeit mit gleicher Stärke,

wenn der Widerstand der Luft und andere Hindernisse nichts ändern, mithin muß während des Falls in jedem Zeitabschnitte die Größe des zurückgelegten Raumes wachsen, d. h. die Bewegung ist eine gleichmäßig zunehmende. Die Räume, welche in gleichen Zeiten zurückgelegt werden, nehmen wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. s. w. zu; es fällt daher ein Körper in der zweiten Sekunde dreimal, in der dritten fünfmahl, in der vierten siebenmal, in der fünften neunmal so weit, als in der ersten. Wenn also der Körper A (Taf. VII. Fig. 67.) in der ersten Minute bis c fällt, so wird er in der zweiten von c bis d in der dritten von d bis e, in der vierten von e bis f u. s. w. fallen; oder da in Europa ein schwerer Körper beim Fall in der ersten Secunde ungefähr 15,5 rheinländische Fuß durchläuft, so wird er in der zweiten Secunde

(15,5 x 3) = 46,5, in der dritten
(15,5 x 5) = 77,5, in der vierten
(15,5 x 7) = 108,5, in der fünften
(15,5 x 9) = 139,5 Schuh u. s. w. zurücklegen.

Dieser Zuwachs an Geschwindigkeit, den ein fallender Körper in jeder Secunde durch fortwährende Einwirkung der Schwere erlangt, heißt die constante Beschleunigung.

Da die Geschwindigkeit beim Fallen so schnell wächst, und die Größe der Bewegung das Produkt aus der Masse in die Geschwindigkeit ist, so wird es begreiflich, wie die durch den Fall eines Körpers hervorgebrachte Wirkung mit der Zunahme der Höhe, von der er fällt, so sehr vermehrt wird. Die Räume, welche durch eine solche Bewegung beschrieben werden, verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten.

Es ist erwiesen, daß alle Körper von gleicher Dichtigkeit ohne Einfluß ihrer Masse im luftleeren Raume und an demselben Orte mit gleicher Geschwindigkeit zur Erde fallen; ein Gran fällt so schnell wie ein Stück das tausend Gran und darüber wiegt. Um dieses zu erklären, darf man nicht vergessen, daß jeder Körper aus kleinsten Theilchen besteht, und daß jedes dieser Theilchen gleichstark von der Erde angezogen wird; 1000 einzelne Grangewichtchen werden also eben so schnell und zugleich niederfallen wie jedes Stückchen einzeln; und es ändert im Resultate durchaus nichts, ob diese 1000 Gran einzeln oder in Hundertlgran zertheilt oder in eine einzige Masse vereinigt, niederfallen.

Daraus folgt aber nicht, daß auch Körper von ungleicher Dichtigkeit, z. B. Holz und Gold mit gleicher Geschwindigkeit fallen müssen. Versuche im luftleeren Raume zeigen zwar das Gegentheil, allein da im luftleeren Raume die Wirkung der Schwere mit äusserster Schnelligkeit erfolgt, so erlaubt der kleine Raum des Recipienten einer Luftpumpe nicht, die Beobachtung mit der erforderlichen Genauigkeit anzustellen.

In verschiedenen Erdgegenden fallen aber die Körper nicht mit gleicher Geschwindigkeit zur Erde; unter dem Aequator fallen alle Körper langsamer als in der Nähe der Pole, weil dort der Anziehungskraft der Erde die Schwungkraft mehr entgegen wirkt, als gegen die Pole hin.

§. 95.

Wurfbewegung. Wird ein Körper auser seiner eigenen Schwere noch durch irgend eine äussere Gewalt gegen die Erde senkrecht getrieben (geworfen), so muß zu der Geschwindigkeit, die er durch die Schwere erhält, noch jene gerechnet werden, welche er durch die werfende Kraft er-

halten hat. Wird aber ein Körper senkrecht in die Höhe geworfen, so wirkt zwar die Schwere noch unaufhörlich auf ihn, allein der Wurfbewegung gerade entgegen; die Geschwindigkeit des Aufwärtssteigens nimmt also in ebendemselben Verhältnisse ab, wie die Geschwindigkeit des Herabfallens zunimmt, nämlich wie die umgekehrten Zahlen 9, 7, 5, 3, 1; die Räume verhalten sich also wie die Quadrate der Zeiten, wenn man beide vom Ende gegen den Anfang des Steigens zählt; und der Raum beträgt nur die Hälfte von dem, den der Körper in derselben Zeit mit gleichförmiger Bewegung zurück gelegt haben würde. Durch die Schwere wird also die Wirkung des Wurfes immer mehr und mehr vermindert und zuletzt ganz aufgehoben, worauf dann der Körper wieder seiner Schwere folgt und mit zunehmender Beschleunigung zur Erde zurückkehrt.

Wird ein Körper in horizontaler Richtung geworfen, so wirken zwei Kräfte unter einem Winkel auf ihn, nämlich die Wurfkraft, die ihn horizontal treibt, und die Schwere, die ihn senkrecht nieder zieht. Von diesen beiden Kräften ertheilt ihm die Wurfkraft eine gleichförmige, die Schwere aber eine zunehmende Bewegung, der Körper muß also eine krumme Linie beschreiben, welche eine Parabel (Fig. 68. a b) ist, nämlich eine krumme Linie, welche die mit einer Seite des Kegels parallele Schnittfläche einschließt. Wird der Körper schief aufwärts oder abwärts geworfen, so beschreibt er ebenfalls eine Parabel.

Da die aus Geschützen abgeschossenen Kugeln den Gesetzen der Wurfbewegung folgen, so ist dieser Gegenstand für die Kriegskunst von großer Wichtigkeit.

§. 96.

Schiefe Ebene. Wenn ein Körper, statt frei zu fallen,

auf einer schiefen Ebene herabrollt, so fällt er nicht mit seiner ganzen Schwere, denn ein Theil seiner Schwerkraft drückt auf die schiefe Unterlage und geht dadurch verloren. Der noch übrig bleibende Theil seiner Schwerkraft, welche ihn zum Fortrollen zwingt, heißt seine relative Schwere, denn die ganze Schwere, womit der Körper frei fällt, heißt seine absolute Schwere. Die relative Schwere verhält sich zur absoluten, wie die Höhe der schiefen Fläche b c (Fig. 69.) zu ihrer Länge c a. Je mehr sich also der Winkel, welchen die schiefe Ebene c a mit der Horizontalfläche b a bildet, einem rechten Winkel nähert, oder je höher die schiefe Fläche ist, desto größer ist die relative Schwere, und desto schneller läuft ein Körper herab. Die relative Schwere befolgt dieselben Gesetze wie die absolute, sie giebt nämlich dem herabrollenden Körper eine gleichmäßig zunehmende Bewegung, und zwar so, daß der Körper am Ende dieselbe Geschwindigkeit erlangt, welche er beim freien Herabfallen von derselben Höhe erlangt haben würde; die längere Einwirkung der beschleunigenden Schwere ersetzt das, was an ursprünglicher Kraft verloren gegangen ist.

Die Kugel k (Fig. 69.) würde, wenn die schiefe Ebene c a es nicht hinderte in der Richtung von e f h senkrecht niederfallen; e f soll ihre Fallgeschwindigkeit ausdrücken. Diese wird nun zerlegt; mit einem Theile derselben e g ruht sie auf der schiefen Unterlage, und mit dem andern Theile e d, der ihre relative Schwere ausdrückt, bewegt sie sich abwärts. Diese 2 Linien verhalten sich wie die Basis zur Höhe der schiefen Ebene; so verhält sich also auch der Theil der Schwere des Körpers mit dem er drückt, zu jenem, mit dem er herabrollt. a b heißt nämlich die Basis, b c heißt die Höhe und a c die Länge der schiefen Fläche.

Beim Aufwärtsrollen eines Körpers über eine schiefe Ebene treten dieselben Gesetze in Wirksamkeit, welche bei der aufwärtsgehenden Wurfbewegung gelten (§. 95.). Wenn eine Kugel auf einer schiefen Ebene in Ruhe erhalten werden soll, so darf nur ihrem relativen Gewichte das Gleichgewicht gehalten werden; und soll die Kugel oder ein Cylinder, z. B. ein Faß beim Hinaufziehen über den sogenannten Schrotbaum, über die schiefe Ebene aufwärts bewegt werden, so ist nur so viel Kraft nöthig, daß das relative Gewicht überwunden wird. Die Kraft verhält sich zur Last im Gleichgewichte, wie die Höhe der schiefen Fläche zu ihrer Länge. Wenn also die schiefe Fläche fünfmal so lang als hoch ist, so hält die Kraft einer fünffachen Last das Gleichgewicht, oder es ist nur der fünfte Theil der Kraft nöthig, welche erforderlich wäre, um dieselbe Last senkrecht empor zu heben. Je steiler daher ein Berg ist, desto mehr haben die Pferde an derselben Last zu ziehen.

§. 97.

Pendelschwingung. Die zunehmende Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper auf einer schiefen Ebene herabfällt (§. 96.), macht, daß, wenn letztere in eine Horizontalebene ausläuft, der fortrollende Körper auch noch auf dieser mit abnehmender Geschwindigkeit seine Bewegung eine gewisse Strecke weit fortsetzt. Dasselbe ist auch der Fall, wenn die schiefe Ebene in eine aufwärtssteigende Krümmung übergeht, und zwar so, daß dann die beim Herabrollen gleichmäßig zunehmende Bewegung den Körper mit einer gleichmäßig abnehmenden Geschwindigkeit auf einer zweiten schiefen Fläche wieder aufwärts treibt. Wenn kein Hinderniß vorhanden wäre, so müßte er sich aufwärts eben so hoch fort bewegen, als er abwärts gerollt ist.

Den Zirkelbogen a b (Fig. 70.) kann man als ein Syſtem von ſehr vielen kleinen ſchiefen Flächen anſehen. Wenn nun dieſer Zirkelbogen als Rinne mit ihrer convexen Seite auf einer Horizontalebene ſteht, ſo muß die Kugel, welche man von a aus herabrollen läßt, auf der andern Seite eben ſo weit, nämlich bis b hinaufſteigen, dann hier wieder umkehrend, bis a zurückſteigen, und dieſes wechſelsweiſe Abwärts- und Aufwärtsſteigen ſo lange fortſetzen, bis die unvermeidlichen Hinderniſſe die Bewegung nach und nach immer mehr verkürzen und zuletzt gänzlich aufheben.

Daſſelbe geſchieht auch, wenn der Körper, ſtatt auf einer gekrümmten Fläche oder Rinne zu rollen, an einem Faden bei c befeſtiget frei hängend bis zu a emporgehoben und dann losgelaſſen wird. Darauf gründet ſich die Pendelſchwingung. Pendel nennt man nämlich einen Körper, wenn er in einem gewiſſen Punkte ſo aufgehängt iſt, daß er ſich um dieſen Punkt frei drehen und hin und herſchwingen kann. Einfach heißt das Pendel, wenn man ſich nur einen materiellen Punkt, oder einen kleinen ſchweren Körper k (Fig. 70.) an einer geraden, unbiegſamen, gewichtloſen, um c beweglichen Linie c k, denkt. Zuſammengeſetzt heißt das Pendel, wenn zwiſchen c und k mehrere ſchwere Punkte befeſtiget ſind, wovon jeder ſeiner eigenen Geſchwindigkeit zu folgen ſtrebt. Streng genommen ſind alle unſere Pendel zuſammengeſetzte, weil die materiellen Schnüre oder Aufhängſtangen, deren wir uns nur bedienen können, alle ſelbſt Schwere beſitzen.

Wenn man das einfache Pendel aus ſeiner ſenkrechten Richtung in eine ſchiefe bringt und losläßt, ſo wird es durch die gemeinſchaftliche Wirkung der Schwere und des Fadens, der es befeſtiget zurückhält, in einen Kreisbogen zu ſchwingen anfangen, und dieſe Schwingungen ſo lange fortſetzen

als kein Hinderniß vorhanden ist. Der Winkel k c a, um welchen man das Pendel aus seiner senkrechten Richtung erhoben hat, wird der Oscillationswinkel oder Elongationswinkel genannt. Die Zeit, in welcher das Pendel seine Schwingung von a bis b vollendet, heißt die Schwingungszeit. Das Herabgehen von a bis d oder die Erhebung von d bis b allein heißt eine halbe Schwingung, und die dazu verwendete Zeit ist eine halbe Schwingungszeit.

Die abwärts gehende Hälfte der Schwingung erfolgt nach den Gesetzen des Falls mit gleichmäßig zunehmender Geschwindigkeit; die aufwärtsgehende Hälfte der Schwingung hingegen geschieht mit gleichmäßig abnehmender Geschwindigkeit, indem nach und nach die Schwerkraft wieder das Uebergewicht erhält, und das Pendel zur rückgängigen Bewegung zwingt.

Ein Pendel vollendet an demselben Orte nicht nur gleiche Schwingungen stets genau in gleicher Zeit, sondern bringt auch auf ungleiche Schwingungsbogen, sofern sie kleiner als 15° sind, fast ohne merklichen Fehler einerlei Schwingungszeit zu; daher sind die Pendeluhren geeignet durch ihre Schwingungen die Zeit zu messen. Beträgt die ganze Schwingungszeit genau eine Secunde, so heißt das Pendel ein Secunden-Pendel. Ein solches Pendel muß in Europa 3 Fuß 8½ Linie (Pariser Maaß) lang seyn. Pendel von gleicher Länge verrichten einerlei Schwingungen in gleichen Zeiten.

Bei Pendeln von ungleicher Länge verhalten sich die Zahlen der Schwingungen in gleichen Zeiten wie die Quadratwurzeln ihrer Längen; und ihre Längen verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, die sie zu einer Schwingung brauchen.

Versuche haben gezeigt, daß das Sekundenpendel in der Nähe der Erdpole länger ist als unter dem Aequator, oder bei gleicher Länge dort schneller schwingt als da, auch an der Oberfläche des Meeres schneller als auf hohen Bergen in derselben Erdgegend. Daraus sieht man, daß die Schwere der Körper abnimmt, wie die Quadrate der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde zunehmen. Aus dem Umstande, daß ein gleich langes Pendel in den Polargegenden schneller schwingt als unter dem Aequator, hat man den Schluß gezogen, daß die Oberfläche der Erde in der Nähe der Pole dem Mittelpunkte näher liege, als am Aequator, daß also die Erde keine vollkommene Kugelgestalt besitze, sondern ein Ellipsoid darstelle.

Wenn das einfache Pendel in freier Luft eine Zeit lang fortschwingt, so verkürzen sich nach und nach die Schwingungen, bis es zuletzt senkrecht unter dem Aufhängpunkt (Unterstützungspunkt von oben) in der Direktionslinie der Schwere stehen bleibt. Die Ursache dieses Erfolgs liegt nicht nur in der Anziehungskraft der Erde zum schwingenden Körper, sondern auch in der Reibung des Fadens am Aufhängpunkte und im Widerstande der Luft. Man kann aber ein Pendel in gleichen Schwingungen erhalten und als Zeitmesser anwenden, wenn man einen Mechanismus damit in Verbindung bringt, welcher den Verlust an Schwingungskraft fortwährend ersetzt, und zugleich die Zahl der vollbrachten Schwingungen angiebt, wie dieses bei unsern Pendeluhren der Fall ist. Da aber durch die Wärme das Pendel ausgedehnt, und durch die Kälte zusammengezogen, mithin verkürzt wird, so macht der Wechsel der Temperatur Verbesserungen oder Berechnungen nöthig.

Mälzels Metronome, oder Taktmesser, ist nichts anderes als eine besondere Anwendung des Pen-

dels, um die Zeitabschnitte bei der Musik, nämlich den Takt, zu bestimmen.

Bei unsern Sackuhren vertritt die Stelle des Pendels als Zeitmesser die an der Unruhe befestigte Spiralfeder, deren Schwingungen nach ähnlichen Gesetzen, wie jene des Pendels erfolgen.

§. 98.

Kreisbewegung. Wenn ein Körper a (Fig. 73.) an einer steifen Linie, welche in s so befestiget ist, daß sie sich frei bewegen kann, im Kreise herumgeschwungen wird, so wirken, wie bei der Wurfbewegung und Pendelschwingung, zwei verschiedene Kräfte zugleich auf denselben; die eine Kraft treibt ihn vom Mittelpunkte der Kreisbewegung fort, und macht, daß der im Kreise schwingende Körper, wenn er plötzlich vom Mittelpunkte getrennt und sich selbst überlassen wird, nach den Gesetzen der Wurfbewegung den Kreis verläßt, und in der Richtung der Tangente a b fortfliegt. Diese forttreibende Kraft nennt man Centrifugalkraft, Schwungkraft, Tangentialkraft. Je schneller die Bewegung um s ist, desto größer ist auch die Wirkung dieser Schwungkraft. Die andere, dieser entgegenwirkende Kraft ist aber im Centralpunkte der Kreisschwingung, lenkt den bewegten Körper stets von der geraden Bahn ab und zwingt ihn sich in einer krummen Linie um den Mittelpunkt zu bewegen. Diese zurückhaltende Kraft heißt Centripetalkraft. Kann der Körper derselben ungehindert folgen, so beschreibt er eine Spirallinie, eilt dem Mittelpunkte zu und fällt zuletzt auf diesen zurück.

Diese zugleich wirkenden und einander beschränkenden Kräfte nennt man auch Centralkräfte; und ihre Wirkung heißt Centralbewegung.

Es ist offenbar, daß die Planeten nur durch solche Centralkräfte ihre krummlinige Bahn um die Sonne unveränderlich beschreiben können, indem sie von der Sonne auf dieselbe Weise angezogen werden, wie der Stein von der Hand, die ihn an eine Schnur gebunden im Kreise herumschwingen läßt; daß aber auch den Planeten eine der Centripetalkraft entgegenwirkende Schwungkraft eigen seyn muß, wie dem an der Schnur geschwungenen Steine, weil sie sonst ihre Bahn in eine Spirallinie verwandeln und zuletzt auf die Sonne fallen würden. Dasselbe gilt von den Monden, welche sich nach gleichen Gesetzen um die Planeten bewegen.

§. 99.

Stoßbewegung. Wenn ein fester Körper bei seiner mechanischen Bewegung auf einen andern ruhenden Körper stößt, so wird er durch sein Beharrungsvermögen die angefangene Bewegung fortzusetzen streben, und den ruhenden Körper, wenn die Bewegung groß genug ist, gleichfalls zur Bewegung zwingen. Diese Mittheilung der Bewegung fodert aber eine bestimmte Zeit um sich durch die ganze Masse eines Körpers mitzutheilen.

Wenn man z. B. einen Glasstab oder Pfeifenstiel an beiden Enden an Haaren aufhängt, und einen schnellen Schlag, welcher stark genug ist, die Haare abzureißen, auf die Mitte des Stabes führt, so wird derselbe abbrechen noch ehe sich der Schlag bis an beide Enden fortpflanzen konnte, und die Haare bleiben unverletzt.

So kann man einen ziemlich starken Staab, welcher an beiden Enden auf zwei Pfeifenstielen ruhet, in der Mitte entzweischlagen, ohne daß die zerbrechliche Unterlage zerbricht. Ein Stück Geld über ein Kartenblatt auf ein Glas

gelegt, fliegt nicht mit dem Kartenblatte fort, wenn dieses weggeschnellt wird, sondern fällt senkrecht ins Glas u. s. w.

Wenn einem Körper von zwei gerade entgegengesetzten Seiten gleiche Bewegung mitgetheilt wird, so heben sich diese gerade entgegengesetzten Bewegungen einander auf, und der Körper bleibt in Ruhe, so lange sich die Kräfte das Gleichgewicht halten. Sind aber die beiden Kräfte von ungleicher Größe, aber doch einander gerade entgegengesetzt, so bewegt sich der Körper in der Richtung der größern Kraft, und zwar mit dem Unterschiede der beiden Kräfte.

Wenn 2 Kräfte auf einen Körper a (Fig. 71.) zugleich nach verschiedenen Richtungen a b und a c mit gleichen Geschwindigkeiten wirken, so wird der Körper durch die vereinigte Wirkung beider Kräfte die Diagonale a d eines Parallelograms beschreiben, dessen Seiten sich gegen einander verhalten müssen wie die Räume a e und a f, durch welche jede Kraft für sich allein den Körper in einerlei Zeittheil treiben würde, und folglich wie die Kräfte b und c selbst.

Eine solche durch mehrere zugleich wirkende Kräfte hervorgebrachte Bewegung nennt man eine zusammengesetzte.

Denkt man sich die Diagonale a d unendlich klein, so daß der Körper durch mehrere von verschiedenen Seiten auf ihn einwirkende Kräfte in jedem Augenblicke eine neue Richtung bekömmt, so wird der von ihm beschriebene Weg eine krumme Linie bilden. Die krummen Bewegungen lassen sich leicht aus den geradlinigen ableiten.

Geht die Linie nach der sich der Mittelpunkt eines stoßenden Körpers bewegt, auch durch den Mittelpunkt des andern Körpers, so wird der Stoß centrál genannt, im Gegentheile aber excentrisch.

Die Wirkungen des Stoßes erfolgen übrigens nach Gesetzen die verschieden sind, je nachdem die Körper hart, weich oder elastisch sind.

Vollkommen harte und weiche Körper bleiben nach einem centralen Stoße mit einander in Berührung und ruhen beide, oder bewegen sich beide mit gleicher Geschwindigkeit nach einerlei Richtung fort, indem die Größe der Bewegung sich nach ihren Massen unter sie theilt. Die weichen Körper ändern dabei ihre Form, die harten aber nicht.

Stößt eine unelastische Kugel in senkrechter Richtung auf eine gleichfalls unelastische und unbewegliche Ebene a b (Fig. 72.), so bleibt sie auf dieser liegen. Fällt aber die Kugel in schiefer Richtung, etwa von d nach c auf die Ebene, so bewegt sie sich nach dem Stoße in der Richtung c b.

Ganz anders verhalten sich aber die elastischen Körper.

Fällt z. B. eine vollkommen elastische Kugel in senkrechter Richtung auf eine horizontale Ebene a b, so springt sie in derselben Richtung von c nach f mit unveränderter Geschwindigkeit zurück. Stößt die elastische Kugel in schiefer Richtung etwa von d zu c auf die unbewegliche feste Ebene, so springt sie mit gleicher Geschwindigkeit unter einem ähnlichen Winkel nach der entgegengesetzten Seite c e aufwärts.

Stößt eine elastische Kugel an eine andere ruhende von gleicher Masse central, so ruht die erstere nach dem Stoße und die zweite bewegt sich mit derselben Geschwindigkeit nach derselben Richtung fort.

Bei ungleichen elastischen Massen verhält sich die Geschwindigkeit der stoßenden Kugel nach dem Stoße zu ihrer Geschwindigkeit vor dem Stoße wie die Differenz der Masse

beider Kugeln; und die Geschwindigkeit der gestoßenen Kugel verhält sich zur Geschwindigkeit der stoßenden vor dem Stoße, wie die doppelte Masse der stoßenden zu der Summe der Massen beider Kugeln.

Wenn eine in Bewegung begriffene elastische Kugel von einer andern sich geschwinder bewegenden von gleicher Masse ereilt wird, so bewegen sich beide nach dem Stoße in derselben Richtung aber mit verwechselter Geschwindigkeit.

Bewegen sich 2 Kugeln von gleicher Masse in entgegengesetzter Richtung, so springen sie bei gleicher Geschwindigkeit vor dem Stoße auch mit gleicher Geschwindigkeit nach dem Stoße zurück; bei ungleicher Geschwindigkeit vor dem Stoße laufen sie nach dem Stoße mit verwechselter Geschwindigkeit zurück.

Alle diese Fälle lassen sich mit elfenbeinernen Kugeln auf einem Billard leicht versinnlichen.

Hängt man mehrere elastische Kugeln in paralleler Richtung so neben einander an Fäden auf, daß sie sich scheinbar berühren, und daß ihre Mittelpunkte in einer geraden Linie liegen, so wird, wenn man die erste Kugel aufhebt und wieder fallen läßt, der Stoß durch alle Kugeln fortgepflanzt, und die letzte Kugel springt ab, während die übrigen ruhig bleiben. Hebt man die zwei ersten Kugeln auf und läßt sie fallen, so bleiben die mittlern gleichfalls ruhig und es springen die zwei letztern ab u. s. w.

§. 100.

Beförderungsmittel der mechanischen Bewegung. Wir haben bereits (§. 96.) gesehen, daß ein auf einer schiefen Fläche herabrollender Körper einen Theil seiner absoluten Schwere verliert, und daß eine weit geringere Kraft nöthig ist, um den Körper auf dieser schiefen Ebene aufwärts zu bewegen,

als um denselben Körper frei emporzuheben, weil bei der schiefen Fläche nur die relative Schwere zu überwinden ist. Dieses Princip hat man auf verschiedene Maschinen mit großem Vortheile angewendet, um die mechanische Bewegung zu erleichtern oder zu beschleunigen.

Ein anderes für die Mechanik nicht minder wichtiges Princip liegt im Hebel.

Auf den Hebel und die schiefe Fläche lassen sich alle einfachen und zusammengesetzten Maschinen zurückführen. Sonst werden aber zu den einfachen Maschinen noch gerechnet die Rolle, das Rad an der Welle, die Schraube und der Keil.

§. 101.

Hebel. Eine gerade unbiegsame Linie (Fig. 74.) a c b die in ihrer Mitte c so unterstützt ist, daß sie sich frei bewegen kann, heißt ein Hebel; und zwar ein mathematischer, wenn die Linie selbst als ohne Schwere gedacht wird. Der unterstützte Punkt c heißt der Ruhepunkt, Unterstützungspunkt oder Aufhängpunkt; das, was ihn unstützt, heißt die Unterlage (Hypomochlium); a c und c b sind die Arme des Hebels. Das, was den Hebel bewegt, und durch denselben bewegt wird, nennt man die bewegende Kraft und die bewegte Last. Ziehen die Kräfte (wie bei Fig. 74.) zu beiden Seiten des Unterstützungspunktes, so heißt der Hebel ein doppelarmiger. Man unterscheitet ferner unter den doppelarmigen Hebeln den gleicharmigen und ungleicharmigen. Liegt aber der Ruhepunkt an einem Ende, so ist dieß ein einarmiger Hebel.

Es giebt auch krumme Hebel, unter welchen der

Winkelhebel am häufigsten, z. B. bei unsern Glockenzügen, im Gebrauche ist.

Sind bei dem gleicharmigen Hebel die Lasten oder Kräfte h k gleich groß, und die Richtung beider senkrecht auf den Hebel, so bleibt der Hebel im Gleichgewichte.

Nähme man die Unterlage weg, und hielte den Hebel an einem Faden schwebend, so müßte man dazu eine Kraft anwenden, die der Summe der beiden Lasten h k gleich wäre. Denselben Druck erleidet daher auch die Unterlage. Gleiche Gewichte in ungleichen Entfernungen vom Ruhepunkte halten einander nicht das Gleichgewicht; und das allgemeine Gesetz ist beim ungleicharmigen Hebel; daß die Lasten sich umgekehrt verhalten wie die Länge der Hebelarme. Würde z. B. das Gewicht h (Fig. 74.) um die Hälfte von a c dem Ruhepunkte näher gerückt, so würde sich bei der Drehung des Hebels h nur mit der Hälfte der Geschwindigkeit von k bewegen, folglich müßte auch die Wirkung von h nur halb so groß seyn als die von k; und 1/2 k in der ganzen Entfernung von c b müßte 1 h in der halben Entfernung von a c das Gleichgewicht halten.

Die Entfernungen vom Ruhepunkte werden gewöhnlich nach Zollen und Linien, und die Last und Kraft nach Pfunden ꝛc. ausgedrückt. Im Zustande des Gleichgewichts sind die Produkte dieser Zahlen für Last und Kraft einander gleich; und man nennt das Produkt dieser Zahlausdrücke das statische Moment.

Das Gesetz des doppelarmigen Hebels gilt auch bei dem einarmigen. Hier befindet sich (Fig. 75.) die Unterlage c ganz am Ende der Linie a b; die Last zieht bei a abwärts und die Kraft bei b aufwärts.

Gesetzt die Last h betrage 8 Pfund, die Kraft bei b aber sey achtmal so weit vom Ruhepunkte entfernt, als die

Last, so wird diese Kraft bei b mit 1 Pfund der Last bei a das Gleichgewicht halten; weil Kraft und Last im umgekehrten Verhältnisse ihrer Entfernung vom Ruhepunkte stehen.

Was am Hebel an Kraft erspart wird, geht an Zeit für die Bewegung der Last verloren. Nie läßt sich eine Ersparung der Zeit und Kraft zugleich erhalten. Denn wenn, wie bei dem gegebenen Beispiele die Kraft achtmal weiter als die Last vom Ruhepunkte absteht, und mit einem achtmal geringern Gewichte denselben Effekt hervorbringt, so muß sich dagegen auch die Last achtmal langsamer bewegen als die Kraft.

Die größte Wirkung der Kräfte findet am Hebel in senkrechter Richtung statt. Bei jeder schiefen Richtung der Kräfte ist es so viel, als wenn sich ihre Entfernung vom Ruhepunkte verringerte, daher ihre Wirkung kleiner werden muß.

Die Anwendungen des Hebels sind äusserst nützlich und mannigfaltig; die gemeine Waage, die Schnellwaage, der Druckhebel, der Hebebaum, das Brecheisen, der Wurfhebel, der Schlagbaum, der Schubkarn, das Ruder, die Scheeren und Zangen, das an einem Ende befestigte Schneidemesser, die Citronenpresse, die Schleuder, selbst die Bewegungen unserer Gliedmassen beruhen auf den Gesetzen des Hebels.

§. 102.

Waage. Eine der nützlichsten Anwendungen des Hebels ist die Waage. Man unterscheidet 1) die gleicharmige (Schal- oder Krämerwaage), 2) die ungleicharmige (Schnellwaage), 3) die Stahlfederwaage (Sackwaage).

Die genauesten sind die gleicharmigen Waagen.

Der Waagebalken muß gleichlange Arme haben, und so stark seyn, daß er durch das größte Gewicht, wofür die Waage bestimmt ist, nicht verbogen werden kann, weil durch das Biegen der Abstand vom Ruhepunkte verändert wird und die Waage dadurch aufhört gleicharmig zu seyn. Um ihm die nothwendige Festigkeit und Unbiegsamkeit zu geben, ohne ihn zu schwer zu machen, arbeitet man ihn hohl oder durchbrochen. Die stählernen Waagbalken sind zwar unbiegsamer als die messingenen, allein sie haben den Fehler, daß sie in feuchter Luft rosten, oder durch zufällige Umstände, z. B. durchs Hängen im magnetischen Meridian, oder durchs Fallen u. s. w. leicht magnetisch werden und dadurch gleichfalls an Brauchbarkeit verlieren, weil auf unserer Erdhälfte der nach Norden stehende Pol zur Erde inclinirt. Zur Vermeidung der Reibung und Abnützung werden die Zapfen vom gehärteten Stahle oder bei sehr feinen Waagen gar von Diamant gemacht und auf der Seite, mit welcher sie auf der Unterlage ruhen, zugeschärft. Der Ruhepunkt des Waagebalkens darf mit dessen Schwerpunkt nicht zusammentreffen, weil sonst die Waage zu unruhig werden, und bei dem geringsten Uebergewichte sich fast senkrecht stellen würde; noch viel weniger darf der Schwerpunkt über dem Ruhepunkte liegen, weil sich sonst der Wagebalken, beim Uebergewichte auf einer Seite, ganz umdrehen könnte. Der Ruhepunkt muß also etwas über dem Schwerpunkte angebracht werden, doch nicht zu hoch, weil sonst die Waage an nothwendiger Empfindlichkeit verlieren oder faul werden würde. Die Unterlage (Pfanne) muß gleichfalls von gehärtetem Stahle und polirt seyn, um die Reibung möglichst zu vermindern. Die Zunge steht genau senkrecht über oder unter dem Waagebalken (Fig. 3.), oder es ist gar keine Zunge angebracht; in diesem Falle ist der Waagebalken an

beiden Enden mit einem Zeiger versehen, um seine Stellung auf einem dahinter senkrecht angebrachten Gradbogen zu finden. Die Empfindlichkeit einer Waage wird nach dem Bruchtheile geschätzt, der sie bei voller Belastung aus dem Gleichgewichte bringen kann; eine Centnerwage also, die, bei einer Belastung mit einem Centner auf beiden Seiten, noch durch ein Loth aus dem Gleichgewichte gebracht wird, schlägt den 3200sten Theil des auf ihr lastenden Gewichts aus, und ist für den gewöhnlichen Gebrauch hinreichend empfindlich. Eine Waage, welche 2 Pfund zieht, soll wenigstens noch ½ Gran angeben.

Eine Waage soll nie über die höchste Belastung, wofür sie bestimmt ist, beschwert werden. Eine gewöhnliche Probierwaage ist höchstens mit 200 Gran zu beschweren. Bei genauen Abwiegungen soll man sich jedesmal zuvor von der Richtigkeit der Waage überzeugen, weil ganz kleine und unmerkliche Umstände, z. B. darauf gefallner Staub, die Waage ungleich machen können.

Bei der Schnellwaage, welche ungleicharmig ist, wird die zu wägende Last an den kürzern Arm aufgehängt, und das Gewicht — der Läufer genannt — am längern Arme, auf welchem die Gewichtsabstufungen verzeichnet sind, so weit vor oder rückwärts geschoben als nöthig, um das Gleichgewicht herzustellen. In diesem Falle muß das Gewicht des Läufers so vielmal in der Last enthalten seyn, als die Entfernung der letztern vom Ruhepunkte in der Entfernung des Läufers von eben demselben enthalten ist; daraus ist leicht einzusehen, worauf die Eintheilung bei der Schnellwaage beruht; auch ist es bekannt, daß diese nie so genau seyn kann, wie die gleicharmige Waage.

Anmerkung. Die sogenannten hydrostatischen Waagen, welche vorzüglich zum Abwägen sehr großer Lasten hin

und wieder angewendet werden, sind hohle auf Wasser schwimmende Kasten, die durch den Grad des Eintauchens das Gewicht der darauf ruhenden Last angeben, sie sind also Senkwaagen (Aräometer §. 45.) und gehören nicht hierher.

§. 103.

Rolle. Eine um ihre Achse bewegliche, in einem mit der Achse beweglichen Kloben eingeschlossene Scheibe, mit einer ausgehöhlten Peripherie zur Aufnahme des Strickes heißt Rolle. Sie wirkt gleichfalls nach den Gesetzen des Hebels.

Es giebt unbewegliche und bewegliche Rollen.

Die unbewegliche Rolle (Fig. 77 a) ist mittelst des Klobens befestiget, und als ein gleicharmiger Hebel anzusehen; man gewinnt eigentlich damit nichts an Kraft und sie wird nur gebraucht, um dieser eine bequemere Richtung zu geben.

Die bewegliche Rolle (Fig. 77 b) hingegen hängt frei und läßt sich progressiv fortbewegen; sie stellt einen einarmigen Hebel vor, dessen Ruhepunkt in c liegt, und dessen Länge der Durchmesser der Rolle c d ist; wenn l die Last, und k die ziehende Kraft vorstellt. Es hält also an dieser Rolle die Kraft immer einer doppelten Last das Gleichgewicht. Ein System vom beweglichen Rollen, heißt Flaschenzug.

§. 104.

Das Rad an der Welle. Auch das Rad, welches dazu gebraucht wird, um eine Last durch Aufwindung eines Strickes auf eine daran befestigte Welle zu heben, wirkt nach den Gesetzen des Hebels. Kraft und Last verhalten sich

bei dieser Maschine, wie die halbe Dicke der Welle c a wo-ran die Last l hängt (Fig. 76.) zum Halbmesser des Rades c b, an welchem die Kraft k wirkt. Last und Kraft ziehen immer senkrecht gegen den Halbmesser, gleichviel ob der Zug nach der Richtung der Schwere b k oder nach irgend einer andern Richtung d g geschieht. Der Ruhepunkt liegt in der Axe c. Diese Maschine wirkt also in jedem Momente der Bewegung genau so, wie ein Hebel, wovon der Ruhe-punkt c, die Last auf a und die Kraft auf b ruhet; sie un-terscheidet sich von dem einfachen Hebel nur dadurch, daß ihre Bewegung so lange fortdauert, als die Kraft wirkt und die Last noch weiter aufsteigen kann, daß sie also nach der Länge des Strickes, welcher beim Umdrehen des Rades nach der entgegengesetzten Richtung an der Welle aufgewunden wird, einen sehr großen Spielraum hat, wogegen der ge-meine Hebel die Last nur auf eine geringe Höhe heben kann, daher wird diese Maschine unter verschiedenen Abänderungen zum Heben schwerer Lasten aus großen Tiefen, oder auf hohe Gebäude u. s. w. gebraucht. Liegt die Welle wagrecht, so heißt die Maschine Haspel, z. B. bei Brunnen, Berg-werken ꝛc.; steht sie senkrecht, so heißt sie eine Winde, oder ein Göpel, z. B. bei Pferdemühlen, bei Aufzügen auf Gebäuden, Thürmen u. s. w. Statt des Rades wer-den oft nur einzelne Halbmesser (Speichen oder Stangen) in die Welle gesteckt, damit die Kraft unmittelbar darauf drücken kann; oder das Rad wird als Tretrad oder Lauf-rad für Menschen oder Thiere eingerichtet u. s. w.

§. 105.

Schraube. Es ist bereits (§. 96.) bemerkt worden, daß beim Aufwärtsbewegen einer Last über eine schiefe Flä-che um so mehr an der Kraft, welche zum senkrechten Em-

vorheben einer Last erforderlich wäre, erspart wird, je mehr von der absoluten Schwere des Körpers auf die schiefe Unterlage fällt, und je geringer mithin die relative Schwere ist, welche überwunden werden soll. Auf dieser Theorie der schiefen Ebene beruht auch die Schraube, denn die Schraubengänge an der Schraubenspindel (Fig. 69.) s sind nichts anderes als eine um einen Cylinder gewundene schiefe Ebene; eben so sind die Schraubengänge in der Schraubenmutter eine schiefe Ebene, welche an der innern Wandung eines hohlen Cylinders herumläuft. Die Spindel unterscheidet sich also von der Schraubenmutter dadurch, daß auf ersterer die Gänge über die Fläche des Cylinders hervorstehend, in letzterer aber in die Fläche des hohlen Cylinders vertieft sind. Beide werden in der Anwendung mit einander verbunden, so daß die Gänge der äussern Schraube (der Spindel) in die vertieften Gänge der Schraubenmutter eingreifen müssen. Es ist gleichviel, ob die Spindel die Kraft äußert, indem sie ihre hervorstehenden Schraubengänge in der feststehenden Schraubenmutter hinauf oder hinabdreht, oder ob umgekehrt die Spindel feststeht, und die bewegliche Schraubenmutter an ihr hinauf oder hinab läuft und die Last hebt oder drückt.

Die Peripherie der Schraube stellt die Basis a b, ein Schraubengang die Länge a c, und die Entfernung zweier Schraubengänge von einander die Höhe b c der schiefen Ebene vor. Es muß sich also an der Schraube Kraft zur Last verhalten, wie die Entfernung zweier Schraubengänge zum Umfange der Schraubenspindel. Je feiner die Schraubengänge in Vergleichung des Durchmessers der Schraube sind, um desto mehr Kraft wird sie äußern, desto langsamer wird aber auch in demselben Verhältnisse die Wirkung erfolgen.

Gewöhnlich wird mit der Schraube noch ein Hebel verbunden, z. B. beim Pressen, Prägen u. s. w., wodurch die Maschine aus zwei Principien zusammengesetzt erscheint und eine große Ersparung an Kraft gewährt.

Noch beträchtlicher wird die Kraft vermehrt, wenn man die Gänge der Schraube in die Zähne eines Rades eingreifen läßt, an dessen Axe die Last zieht. Eine solche Schraube (Fig. 79.) wird eine Schraube ohne Ende genannt; sie gehört gleichfalls zu den zusammengesetzten Maschinen.

§. 106.

Keil. Auch der Keil (Fig. 78.) läßt sich als eine doppelte schiefe Fläche a b c und d b e, betrachten, durch welche zwei Körper e f getrennt werden sollen, indem man ihn mit Gewalt zwischen sie treibt. Die Gesetze der schiefen Ebene passen auch vollkommen auf den Keil, welcher nichts anders, als eine doppelte schiefe Ebene darstellt; und es ist daher leicht einzusehen, daß je spitziger derselbe ist, desto mehr Kraft er ausüben muß.

Messer, Scheeren, Sicheln, Sensen, Meisel, Spaten, Nägel, Nadeln u. s. w. wirken theils nach den Gesetzen des Hebels und theils nach denen der schiefen Fläche.

§. 107.

Zusammengesetzte Maschinen. Durch zweckmäßige Verbindung der Gesetze der Schwere, des Pendels, des Hebels und der schiefen Ebene entstehen die zusammengesetzten Maschinen mit Räderwerk, z. B. bei Mühlen, Uhren u. s. w. Der menschliche Scharfsinn hat es in Zusammensetzung solcher Maschinen ausserordentlich weit gebracht, um mit dem geringsten Kraftaufwande die größten Wirkungen hervorzubrin-

gen. Allein es darf dabei nicht vergessen werden, daß die Grenzen des statischen Moments nicht überschritten werden können; denn was an Kraft gewonnen wird, um gleichen Effect hervorzubringen, geht an Geschwindigkeit (Zeit) verloren.

§. 108.

Hindernisse der Bewegung bei festen Körpern. Zwei Hindernisse sind es vorzüglich, welche machen, daß die Effecte der Maschinen den Berechnungen der Mechaniker oft nicht entsprechen, nämlich 1) die Zerbrechlichkeit und 2) die Reibung.

Es ist in vielen Fällen unmöglich, die Maschinen so leicht als es ihre Bewegung erforderte und so dauerhaft, als es ihr Zweck erheischte, zu bauen. Holz wirft sich und nützt sich bald ab, es zieht sich bei trockener warmer Luft zusammen und dehnt sich in der Feuchtigkeit wieder sehr aus; Eisen oder Stahl ist schwer, kostspielig, dem Rosten ausgesetzt, Messing ist zu weich, zu biegsam u. s. w.

Ein eben so großes oder vielmehr noch größeres Hinderniß liegt in der Reibung (Friction). Kein fester Körper ist vollkommen glatt auf der Oberfläche, und wenn auch die Erhabenheiten und Vertiefungen auf Holz, Stahl, Messing u. s. w. noch so unmerklich sind, so wirken sie doch bei zusammengesetzten Maschinen sehr hinderlich. Daher sucht man die Flächen gut zu poliren, die Pfannen und Zapfen ꝛc. einzuschmieren. Dazu kömmt noch die Adhäsion zwischen den berührenden Oberflächen, und zwar so, daß dadurch in vielen Fällen ein volles Drittheil der bewegenden Kraft verloren geht.

Die Erfahrung lehrt, daß die Reibung zwischen verschiedenartigen Körpern geringer als zwischen gleichartigen

ist; aus diesem Grunde wendet man bei Maschinen gerne zweierlei Metall an, man macht z. B. die Pfannen von Messing, die Zapfen von Stahl, die Schraubenmutter von Messing, die Schraubenspindel von Stahl u. s. w. Zur Verminderung der Reibung sucht man die Maschinen so leicht wie möglich zu bauen, damit die Friction nicht auch durch das Gewicht zu sehr vermehrt wird; auch sucht man die schleifende Bewegung wo möglich in eine rollende zu verwandeln.

Bei dem Hebel ist die Reibung am geringsten, bei Rollen, vorzüglich bei kleinern, schon viel größer. Bei der Schraube muß die halbe Kraft auf Ueberwindung der Reibung verwendet werden; daher die Vorzüge der Wasserpresse (§. 110.), weil da die Reibung weit geringer ist.

Indessen ist auch die Reibung in mehrfacher Hinsicht sehr nützlich; unser Gehen, unser Festhalten mit den Händen, die meisten Verrichtungen sind nur durch Reibung möglich und sicher, denn wären die Oberflächen aller Körper so glatt, daß keine Reibung statt finden könnte, so würde alles ohne Halt über einander hingleiten.

Die Steifigkeit der Stricke, deren man sich bei sehr vielen Maschinen bedient, ist gleichfalls zu den Hindernissen der mechanischen Bewegungen zu zählen.

Endlich sind alle mechanischen Bewegungen auf der Erde mehr oder weniger durch den Widerstand beschränkt, welchen die Luft und das Wasser leisten, vorzüglich wenn sie sehr schnell geschehen, oder wenn die bewegten Körper große Oberflächen besitzen; denn bei jeder Bewegung in der Luft oder im Wasser muß der Zusammenhang des Mittels überwunden werden. Diese Trennung des Zusammenhangs der Luft und des Wassers geschieht am leichtesten durch spitzige oder schneidige Körper. Es ist also überall ein gewisser Kraftüberschuß nöthig, nicht nur um das natürliche

Beharrungsvermögen, sondern auch um die eben angeführten Hindernisse zu überwinden.

II.

Tropfbare Flüssigkeit.

§. 109.

Hydrostatik. Alle tropfbaren Flüssigkeiten besitzen, so lange sie ihrer eigenen Cohäsionskraft überlassen bleiben, im Zustande der Ruhe Kugelgestalt; dieses sehen wir an Wassertropfen, an den Bläschen des Nebels, an den Oelkügelchen oder Queckſilberkügelchen, welche sich bilden, wenn irgend ein fettes oder ätherisches Oel oder Queckſilber mit Wasser geschüttelt wird u. s. w.

Sobald aber die Cohäsionskraft der tropfbaren Flüssigkeiten durch die Nähe eines andern Körpers gestört wird, so verlieren sie, den Gesetzen der Schwere folgend, die Kugelgestalt, die Tropfen, indem sie darauf hinfallen, ziehen sich in die Länge und die nach den Gesetzen der Schwere wieder zur Ruhe gekommene Flüssigkeit hat sich auf der Fläche des Körpers ausgebreitet oder die Gestalt der Vertiefungen angenommen, in welchen sie sich befindet. Die Oberfläche ist bei größern Massen der Erdoberfläche parallel. In engen Röhren aber ist die Oberfläche entweder concav oder convex; dieses hängt von dem Grade der Adhäsion zwischen der Flüssigkeit und den Wänden der Gefäße ab; ist nämlich diese Adhäsion stark, so zieht sich die Flüssigkeit an den Wänden des Gefäßes etwas hinauf, z. B. Wasser in einer Glasröhre, Queckſilber in metallnen Röhren; ist hingegen die Adhäsion geringe, so findet das Gegentheil statt, und die Oberfläche der Flüssigkeit erscheint convex, z. B. Wasser in einer Röhre, deren Wände mit Fett be-

strichen sind, oder Queckſilber in einer Glasröhre. Jene Concavität rührt alſo eigentlich von der chemiſchen Verwandtſchaft zwiſchen der Maſſe des Gefäßes und der Flüſſigkeit her, ſo wie ſich die Convexität einer flüſſigen Oberfläche auf den Mangel dieſer Verwandtſchaft zu gründen ſcheint.

Abgeſehen aber von dieſer Wirkung der Adhäſion an der Wandung des Gefäßes kann eine zuſammenhängende Flüſſigkeit unter dem Einfluſſe der Schwere nicht eher in Ruhe kommen, bis die Oberfläche horizontal geworden iſt. Darauf gründet ſich die Einrichtung der Nivellirwaage oder Waſſerwaage.

Sobald aber Theilchen einer Flüſſigkeit über die horizontale Oberfläche erhoben werden, z. B. durchs Daraufgießen, Daraufblaſen u. dgl., ſo wird das Gleichgewicht geſtört, die höher liegenden Theilchen folgen der Einwirkung der Schwere und bewegen ſich abwärts ungefähr nach demſelben Geſetze, wie feſte Körper auf ſchiefen Ebenen hinabrollen, und die Flüſſigkeit kömmt erſt dann in Ruhe, nachdem die Oberfläche wieder horizontal geworden iſt.

Daſſelbe wärs auch der Fall, wenn ein Theil der Flüſſigkeit innerhalb ſeiner Grenzen weggenommen würde; auch da müßte die übrige Flüſſigkeit ſogleich den leeren Raum ausfüllend, wieder eine horizontale Oberfläche zu gewinnen ſuchen.

Die Schwere macht auch, daß die Oberfläche des Meeres die Kugelform der Erde beſitzt, weil das Waſſer auf allen Seiten gleich ſtark vom Mittelpunkte der Erde angezogen wird.

Wenn in ein Gefäß mehrere tropfbare Flüſſigkeiten von verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichte in der Ordnung auf einander gegoſſen werden, daß immer die folgende ſpecifiſch leichter iſt, als die vorhergehende, z. B. Vitriolöl, Kali-

lauge, Wasser, Weingeist u. s. w. so wird, wenn man die Flüssigkeiten langsam an der Wand des Gefäßes hinunterlaufen ließ, immer die eine Flüssigkeit über der andern horizontal stehen. Sind die Flüssigkeiten von der Art, daß sie sich nicht mit einander vermischen können, z. B. Queckſilber, gesättigte Pottaschenauflösung, Weingeist, Steinöl, so werden sie nicht nur schichtweise auf einander stehen, sondern auch durchs Durcheinanderschütteln nur ein trübes Gemeng bilden, dessen ungleichartigen Bestandtheile sich nachher wieder in der Ordnung der specifischen Gewichte von einander scheiden.

Ist aber eine Flüssigkeit zähe, schleimig, z. B. Gummischleim, so kann sie eine andere von verschiedenem specifischem Gewichte, z. B. Mandelöl, durchs Untereinanderschütteln oder Reiben so sehr umhüllen, daß sie sich in der Ruhe nicht mehr abzusondern im Stande ist, obgleich beide zusammen keine Auflösung, sondern nur ein trübes Gemenge, eine Emulsion, bilden; hier sind nun die ungleichartigen Flüssigkeiten als aufferordentlich kleine Kügelchen auf eine ähnliche Weise unter einander vertheilt, wie verschiedene Pulver durchs Zusammenreiben.

Werden in eine Flüssigkeit Röhren gestellt, welche auf beiden Seiten offen sind, so wird die Flüssigkeit in denselben überall gleich hoch, wie ausserhalb derselben stehen; dasselbe ist auch der Fall, wenn in eine unten geschlossene und mit mehrern andern oben offenen Röhren seitwärts in Verbindung stehende Röhre Wasser gegossen wird; es mögen die Durchmesser, Krümmungen und Winkel der Röhren seyn wie sie wollen. Die Flüssigkeit wird nicht eher in Ruhe kommen, bis sie überall bei gleichem Luftdrucke gleiche Höhe (Niveau) erreicht hat. Aus diesem hydrostatischem Gesetze läßt es sich also auch erklären, warum ein in der Nähe ei-

nes Sees oder Flusses gegrabener Brunnen immer einen eben so hohen Wasserspiegel hat, wie der See oder Fluß, und daß, wenn in letzterm das Wasser steigt oder fällt, dieß auch im Brunnen der Fall ist. Wenn übrigens eine Flüssigkeit in sehr engen Röhren höher steht als in weiten, so ist dieß eine Folge der Adhäsion, welche die Wirkung der Schwere zu beschränken im Stande ist.

Werden aber in verschiedene unten communicirende Röhren ungleichartige Flüssigkeiten von verschiedenem specifischem Gewichte gegossen, so wird die leichtere Flüssigkeit in der einen Röhre höher stehen, als die schwerere in der andern. Die Höhe der Flüssigkeit verhält sich umgekehrt wie die das specifische Gewicht der Flüssigkeiten; so z. B. wird Oel in der einen Röhre 100 Linien hoch stehen müssen, um einer Wassersäule von 85 Linien in der andern Röhre das Gleichgewicht zu halten. Dagegen wird eine 100 Linien hohe Wassersäule von einer nur 72 Linien hohen Queckfilbersäule im Gleichgewichte erhalten werden, d. h. eine 14mal niedrigere Queckfilbersäule wird der Wassersäule das Gleichgewicht halten, weil das Queckfilber 14mal specifisch schwerer als Wasser ist.

§. 110.

Druck tropfbarer Flüssigkeiten. Wird ein hohes Gefäß a b (Fig. 80.), welches unten mit einer niedrigern Röhre c in Verbindung steht, mit Wasser gefüllt, so wird die Flüssigkeit nach dem hydrostatischem Gesetze (§. 109.) auf die horizontale Oberfläche der niedrigern Röhre einen Druck ausüben, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, welche die Oberfläche c zur Basis und die Differenz des Wasserstandes in beiden Schenkeln, also d a zur Höhe hat; denn würde die niedrige Röhre bis zu g verlängert und oben ge-

öffnet, so würden die Wassersäulen in beiden Schenkeln einander das Gleichgewicht halten, mithin überall gleich hoch stehen.

Der Druck der Wassersäule a d auf c macht daher, daß, wenn c auf der horizontalen Oberfläche mit einer engen Oeffnung durchbohrt würde, das Wasser mit einer Gewalt herausfahren müßte, welche dem Gewichte einer Wassersäule von c g gleichkäme; und das Wasser müßte nach dem hydrostatischem Gesetze durch die Oeffnung bis g emporspringen, vorausgesetzt, daß der Wasserzufluß in a so groß wäre, daß der Wasserspiegel daselbst immer auf gleicher Höhe stünde. Allein die Erfahrung lehrt an Springbrunnen, daß der Wasserstrahl nie ganz die dem Drucke entsprechende Höhe von c g erreicht, sondern nur bis zu zwei Drittheilen derselben, also ungefähr bis h gehet; theils wegen des Widerstandes der Luft, theils weil die Wirkung der drückenden Wassersäule durch die Schwere der aufwärts getriebenen Wassertheile beschränkt wird.

Der Druck auf die horizontale Fläche c (Fig. 81.) ist übrigens bei gleicher Höhe der Wassersäule a b immer gleichgroß, es mag diese höhere Röhre weit oder eng, mithin das absolute Gewicht des darin enthaltenen Wassers größer oder geringer seyn; denn es ist leicht einzusehen, daß wenn die Röhre c bis g verlängert wäre, das Wasser darin auf gleiche Höhe wie in a b steigen würde, oder daß, wenn die horizontale Oberfläche von c mit einer feinen Oeffnung durchbohrt wäre, bei gleicher Wasserhöhe in a b der Springbrunnen c h immer gleichhoch bliebe, gleichviel ob der Durchmesser von a b einen Zoll oder eine Elle und darüber betragen würde.

Daraus folgt also, daß man auf diese Weise mit sehr wenig Wasser in einer sehr hohen engen Röhre eben so große

Wirkungen hervorbringen kann, wie mit viel Wasser in einer weiten von gleicher Höhe. Wenn die niedrige Röhre c verhältnißmäßig sehr weit ist, so wird auf jedem Punkte der Oberfläche derselben ein der Höhe der Wassersäule entsprechender Druck ausgeübt werden, und auf diese Weise läßt sich die Wirkung ausserordentlich vervielfältigen. Gesetzt, die horizontale Oberfläche c (Fig. 81.) betrage 1 Quadratfuß, und die Höhe der Wassersäule a d sey 10 Fuß, so wird c einen Druck von 10 Kubikfuß Wasser, also im Gewichte 957 Pfund auszuhalten haben, wenn auch die 10 Fuß hohe Wassersäule nur $\frac{1}{10}$ Quadratzoll im Querdurchschnitt hat, mithin ihr Inhalt nur 5 Kubikzoll, oder im Gewichte nur 3 Unzen $2\frac{1}{2}$ Drachmen beträgt.

Auf dieses hydrostatische Gesetz gründen sich mehrere sehr nützliche Anwendungen, z. B. Wolfs anatomischer Heber (Fig. 81). Wird nämlich die Oeffnung des weiten niedrigen Gefäßes c mit einer thierischen Membrane überspannt, und hierauf die hohe Röhre a b mit Wasser gefüllt, so wird die Membrane durch den Druck der Flüssigkeit emporgetrieben und so sehr ausgespannt, daß man durch einen kleinen Einschnitt die einzelnen Häutchen weit bequemer als sonst von einander trennen, und die Struktur der häutigen Theile sehr genau beobachten kann.

Darauf gründet sich auch Gravesande's hydrostatischer Balg (Follis hydrostaticus), wo nämlich die Seitenwände des weiten niedrigen Gefäßes von Leder sind, wodurch der hölzerne Deckel desselben mit großer Gewalt empor gehoben wird, wenn die hohe Röhre mit Wasser gefüllt ist.

Darauf gründet sich ferner die realische Auflö-

sungspresse *), wo nämlich vegetabilische Pulver durch den Wasserdruck ausgezogen werden.

Eine vorzüglich wichtige Anwendung dieses Gesetzes ist auch Brahmah's Wasserpresse, oder die sogenannte hydrostatische Presse, wovon gegenwärtig in Fabriken, wo man einen starken Druck nöthig hat, mit großem Vortheil Gebrauch gemacht wird. Diese Wasserpresse gründet sich nämlich darauf, daß die engere Röhre mit einer Druckpumpe versehen ist, welche mittelst eines einarmigen Hebels in Bewegung gesetzt wird, um die nöthige Menge Wasser in den weiten Cylinder zu pumpen, in welchem sich ein gut anschließender Kolben (Druckklotz) befindet. Wird nun in die enge Röhre Wasser gepumpt, so wird dasselbe in den weitern Cylinder übergetrieben. und der Kolben desselben mit großer Gewalt emporgedrückt. Befindet sich nun auf diesem Kolben eine metallne Platte, so lassen sich die auf diese Platte gelegten Körper, wenn darüber in einiger Entfernung eine andere Platte horizontal befestiget ist, durch fortgesetztes Einpumpen des Wassers mit solcher Gewalt zusammenpressen, daß, wenn der enge Druckstiefel nur $\frac{1}{4}$ Zoll und der Cylinder mit dem Druckklotze nur 1 Zoll weit, und der Hebel am Druckstiefel auch nur 15 Zoll lang ist, und ein Mann nur mit einer Kraft von 50 Pfund auf diesen Hebel wirkt, der Druck um das 120fache vermehrt werden, also einem Gewichte von (120 . 50) 6000 Pfund gleichkommen muß; während mit der Schraubenpresse bei ähnlichen Verhältnissen nie diese Wirkung, wegen der starken Reibung, welche die Wirkung der Schraube sehr beschränkt, hervorgebracht werden kann, während bei der Wasserpresse die

*) Man sehe meine Einleitung in der Pharmazie §. 324.

Reibung am Hebel und in den beiden Stiefeln durch die Kolben nur geringe ist *).

Da sich der Druck der tropfbaren Flüssigkeiten nach unten, nicht nach ihrer Menge, sondern nach ihrer senkrechten Höhe und nach dem Durchmesser der Grundfläche richtet, so ist leicht einzusehen, daß der Druck, welchen die Wassersäule a d (Fig. 81.) auf c ausübt, derselbe wäre, wenn die Röhre a d auf c stünde, oder vielmehr, daß der Druck auf den Boden e noch um vieles größer wäre, wenn die Röhre a b bei c einmündete und die ganze Wassersäule a b auf c e drückte. Darauf gründet sich eigentlich die hydrostatische Filtrirpresse oder realische Auflösungspresse. Auch ist leicht einzusehen, daß der Druck auf den Boden mehrerer Gefäße, die gleichhoch mit Wasser gefüllt sind, und gleiche Grundfläche haben, durchaus derselbe ist, gleichviel ob übrigens das Gefäß durchgängig gleichweit oder in der Mitte bauchig oder oben becherförmig erweitert, oder kegelförmig verengt ist u. s. w. Kennt man die Größe der Bodenfläche nach dem Quadratinhalte und die senkrechte Höhe nebst dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit, welche drückt, so läßt sich immer leicht die Größe des Druckes berechnen, welchen die Grundfläche auszuhalten hat.

Die Flüssigkeiten drücken übrigens nicht bloß senkrecht, sondern auch seitwärts, und überhaupt nach allen Richtungen, und zwar im Verhältniß der Tiefe unter der Oberfläche der Flüssigkeit. Dasselbe läßt sich anschaulich machen,

---

*) Weiter kann man darüber nachlesen in Dinglers polytechnischen Journale B. I. S. 1 u. f. f.
Gilberts Annalen der Physik B. LX. S. 1 u. f. f.
Scholz Anfangsgründe der Physik 2te Aufl. S. 80.

wenn man an das Ende einer offenen Glasröhre eine mit Wasser gefüllte Kälberblase bindet, und sie senkrecht in ein hohes Wassergefäß taucht; je tiefer man die Blase untertaucht, desto höher wird das Wasser aus der Blase in der Röhre hinaufsteigen. Daraus sieht man, wie bei Wasser- oder Salzsohlenleitungen die Röhren an tiefen Stellen so leicht durch den gewaltigen Druck der darin sich fortbewegenden Flüssigkeiten zersprengt werden, und daß für die niedrigsten Punkte solcher Leitungen die Röhren besonders stark seyn müssen. Auch lehrt die Erfahrung, daß man für specifisch schwere Flüssigkeiten, z. B. für Queckfilber, Vitriolöl ꝛc. hinreichend starke Gläser nehmen muß, wenn man sie in einiger Quantität darin aufbewahren will, weil sie, wenn sie zu dünn sind, leicht davon zerdrückt werden können.

Da das Wasser nach allen Seiten drückt, so ist es auch begreiflich, warum z. B. ein Ey in eine Blase voll Wasser gethan nicht zerdrückt werden kann, wenn auch die zugebundene Blase mit soviel Gewicht beschwert wird als sie aushalten kann, ohne zu zerplatzen. Aus gleichem Zwecke scheint die Natur auch den Embryo mit Flüssigkeit zu umgeben, um ihn gegen Verletzungen von Außen zu sichern.

Alle tropfbaren Flüssigkeiten sind elastisch, mithin zusammendrückbar, jedoch in einem so geringen Grade, daß mehrere ältere Physiker die Elasticität des Wassers bezweifelt haben; allein Herberts u. A. Versuche haben bewiesen, daß sich das Wasser allerdings zusammendrücken läßt; auch lehrt die Beobachtung, daß in sehr tiefem Wasser z. B. im Meere die untern Schichten dichter als die obern sind. Perkins hat durch Versuche gezeigt, daß das Wasser, einem Drucke von 326 Atmosphären unterworfen, um 1/29

seines Volumens, oder um $3\frac{1}{2}$ Procent zusammengedrückt wird.

§. 111.

Hydraulik. Von der Lehre der Bewegung tropfbarer Flüssigkeiten wollen wir an die Lehre von dem Gleichgewichte derselben folgendes anreihen.

Wasser — wir wollen es statt aller tropfbaren Flüssigkeiten nehmen — Wasser strömt mit desto mehr Geschwindigkeit, je größer der Druck ist, der es zur Bewegung bringt. Wenn man daher ein mit Wasser gefülltes Gefäß an irgend einem Punkt durchbohrt, so wird das Wasser mit einer um so größern Geschwindigkeit herausströmen, je tiefer die Oeffnung unter dem Wasserspiegel ist. Die Mathematik beweiset, daß diese Geschwindigkeit sich verhalte wie die Quadratwurzel der Wasserhöhe über der Oeffnung.

Hat die Oeffnung scharfe, oder wenigstens sehr dünne Ränder, so bildet das ausströmende Wasser anfangs einen zusammenhängenden Strahl, der sich in einer dem Durchmesser der Oeffnung gleichen Entfernung verengt, dann wieder erweitert, weiterhin aber in mehrere kleine Strahlen, und endlich in Tropfen zertheilt.

Das freie Ausspritzen des Wassers, z. B. aus einer horizontalliegenden Wasserleitungsröhre, in welche man im Kreise herum mehrere Löcher gebohrt hat, erfolgt seitwärts und aufwärts nach den Gesetzen der Wurfbewegung (§. 95).

Aber nicht alle tropfbaren Flüssigkeiten bewegen sich bei gleicher Druckhöhe mit gleicher Geschwindigkeit, weil die Grade der Flüssigkeit verschiedener Substanzen sehr verschieden sind. Der Grad der Flüssigkeit oder Tropfbarkeit, verhält sich umgekehrt wie das Produkt aus den Zeiten in das specifische Gewicht. So hat man gefunden, daß,

wenn der Flüssigkeitsgrad des Wassers gleich 1000 gesetzt wird, der des Olivenöls nur 45, des Weingeistes hingegen 1098 ist.

In horizontalen Leitungsröhren bewegt sich das Wasser langsamer, als es der Druckhöhe zufolge seyn sollte, und zwar um so langsamer, je länger und enger die Röhren sind; diese Verzögerung der ursprünglichen Bewegung rührt von der Adhäsion an die Wände der Leitungsröhren her. Auch häufige und scharfe Krümmungen der Leitungsröhren verzögern die Bewegung. Dasselbe findet beim Abfließen des Wassers durch offene Rinnen statt; man sieht hier, daß sich das nachströmende Wasser aufwärts zu, immer höher hebt, weil es vorwärts durch die Adhäsion aufgehalten ist.

In einem Flußbette, welches ein Gefälle hat, also gegen den Horizont geneigt ist, sollte das Wasser nach dem Gesetze der Bewegung über eine schiefe Ebene (§. 96.) mit beschleunigter Bewegung abfließen; allein die Erfahrung lehrt, daß die Geschwindigkeit viel kleiner ist, als sie vermög des Gefälles seyn sollte; und die Bewegung des Wassers in Flüssen und Bächen ist statt einer beschleunigten meistens nur eine gleichförmige oder gar eine verzögerte; dieß rührt gleichfalls theils von der Adhäsion, theils von dem ungleichen Gefälle, und theils von den verschiedenen Krümmungen her, welche die Flüsse und Bäche machen, indem durch schiefen Stoß immer ein Theil der bewegenden Kraft verloren geht; daher ist auch in einem geraden Rinnsale die Bewegung in der Mitte immer größer als an den Ufern, und selbst in der Mitte etwas unter der Oberfläche größer als an der Oberfläche, wegen der Reibung an der Luft, und größer als am Boden, wegen der Adhäsion daselbst. Krümmt sich das Flußbett, so ist die Ge-

schwindigkeit am concaven Ufer am größten, weil die Richtung des Stromes dahin geht, daher auch dort das Ufer am meisten leidet. Bei hohem Wasserstande fließt ein Strom schneller, wegen der größern Druckhöhe und wegen des verhältnißmäßig kleinern Einflusses der Hindernisse. In Verengerungen des Flußbettes vermehrt sich die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältnisse mit dem Querschnitte; in Erweiterungen hingegen vermindert sich die Bewegung und es entstehen aus den verschiedenen schiefen Stößen Wirbel.

Das Wasser wirkt beim Stoße zwar wie feste Körper mit dem Produkte seiner Geschwindigkeit in die Masse; allein die letztere ist schwer zu bestimmen, indem tropfbare Flüssigkeiten, wenn sie längs des zu stoßenden Körpers frei abfließen können, schon in einiger Entfernung ausweichen, und daher beim Stoße nicht mit ihrer ganzen Masse wirken, wie feste Körper. Eine Anwendung des schiefen Wasserstoßes sehen wir bei den Fähren oder sogenannten fliegenden Brücken u. s. w. Eine Vorrichtung zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Flüsse heißt man Hydrometer.

Wenn ein fester Körper in eine Flüssigkeit von geringerm specifischen Gewichte eintaucht, so verliert er so viel von seinem eigenen Gewichte, als das durch ihn verdrängte Volumen der Flüssigkeit wiegt (§. 43.); indem er also darin untersinkt, geschieht dieß nicht mit einer Kraft, die seinem ganzen Gewichte gleich ist, sondern nur mit einer Kraft, die dem Ueberschusse seines Gewichts über jenes der Flüssigkeit gleich kömmt. Auf gleiche Weise verlieren auch specifisch leichtere Körper durchs Schwimmen an ihrem Gewichte; daher können im Wasser große schwere Massen sogar stromaufwärts mit einer Kraft fortbewegt werden, welche in der Luft nicht hinreichen würde, dieselben in Bewegung

zu setzen. Wird ein specifisch schwererer Körper mit einem andern in Verbindung gesetzt, welcher specifisch leichter als die Flüssigkeit ist, so kann er zum Schwimmen auf der Oberfläche gebracht werden. Wenn daher ein Metall, welches als massive Kugel im Wasser schnell zu Boden sinkt, als eine hohle Kugel geformt auf dem Wasser schwimmt, so rührt dieß daher, weil die davon eingeschlossene Luft viel leichter als Wasser ist. So kann auch ein Mensch, der doch ein specifisches Gewicht von beiläufig 1,110 hat, also schwerer als Wasser ist, doch schwimmen, wenn er die Brusthöhle erweitert. So schwimmt auch ein Leichnam, wenn er in Fäulniß zu gehen anfängt, weil sich darin Gasarten entwickeln, welche ihn specifisch leichter machen. Fische bewegen sich gleichfalls vermöge ihrer mit Luft gefüllten Schwimmblasen mit Leichtigkeit im Wasser aufwärts. So können auch Menschen leicht auf dem Wasser schwimmen, wenn sie sich mit einem specifisch leichtern Körper in Verbindung setzen; daher die Schwimmgürtel von Korkholz u. dgl.

Doch nicht einzig das geringere specifische Gewicht macht, daß Körper auf dem Wasser schwimmen, auch die Adhäsion an die Oberfläche des Wassers erleichtert das Schwimmen schwerer Körper. Wenn daher einem specifisch schwerern Körper eine so große Ausdehnung gegeben wird, daß er in Beziehung auf sein absolutes Gewicht eine große Wasserfläche bedeckt, so schwimmt er wie ein specifisch leichterer Körper. Daher die Schiffe (Pontons) aus Kupferblech, daher die ungeheuren Lasten, welche große Schiffe zu tragen im Stande sind. Ja sogar eine Nähnadel kann man auf dem Wasser schwimmen lassen, wenn man sie genau horizontal auf die ruhige Wasserfläche hinlegt.

Je mehr also die Oberfläche eines Körpers vergrößert wird, desto größer werden die Berührungs- und Adhäsionspunkte, und desto leichter schwimmt derselbe auf dem Wasser oder bleibt in demselben schwebend. Darauf beruht auch das Schlämmen, wodurch man feine Pulver von beträchtlichem specifischen Gewichte von gröbern Theilen absondert, indem erstere wegen ihrer großen Zertheilung länger in Wasser schwebend bleiben.

Daß feste Körper beim Schwimmen um so mehr untertauchen, je mehr ihr specifisches Gewicht jenem der Flüssigkeit nahe kömmt, und umgekehrt um so weiter über die Oberfläche der Flüssigkeit herausragen, je specifisch leichter sie sind, läßt sich aus dem bisher vorgetragenen leicht erklären.

So wie ein stehender Körper fällt, wenn sein Schwerpunkt nicht unterstützt ist (§. 93.), so muß sich ein schwimmender Körper durch Drehen eine Unterstützung für seinen Schwerpunkt suchen. Der Schwerpunkt des schwimmenden Körpers ist unterstützt, wenn er mit dem Schwerpunkte der hebenden Wassermasse in einer senkrechten Linie liegt. Aus diesem Grunde schlagen zu hoch im Wasser gehende oder zu schmale Schiffe leicht um.

§. 112.

Capillarität. Einen merkwürdigen Einfluß auf das Gleichgewicht und die Bewegung tropfbarer Flüssigkeiten hat die Adhäsion an die festen Körper, mit welchen sie in Berührung sind. Ist diese Adhäsion hinreichend stark, so werden die festen Körper benetzt, und die Flüssigkeit fließt darauf aus einander. In solchen Fällen müssen wir also annehmen, daß der Zusammenhang der Theilchen einer Flüssigkeit unter sich selbst geringer als mit dem festen Körper ist. Aus der-

selben Ursache fällt eine kleine Menge Wasser, die aus der Mündung eines gläsernen Gefäßes durch langsames Neigen heraus gelassen wird, nicht sogleich herab, sondern bleibt am Rande so lange hängen, bis durch das Hinzukommen einer neuen Menge die Masse der Flüssigkeit vermehrt und das Gewicht so sehr überwiegend wird, daß die Adhäsion überwunden werden kann. Je größer die Anziehung (Adhäsion) des Gefäßes zur Flüssigkeit, und die Cohäsion der flüssigen Theilchen unter sich ist, d. h. je geringer die Beweglichkeit ist, desto größer müssen die Tropfen werden ehe sie fallen. Auch das specifische Gewicht hat hierbei Einfluß; denn bei gleichen Flüssigkeitsgraden und gleicher Adhäsion fallen die Tropfen um so kleiner aus, je größer das specifische Gewicht ist, so z. B. bildet Vitriolöl kleinere Tropfen als Wasser, so bildet auch jede Flüssigkeit im heißen Zustande kleinere Tropfen als im kalten. Wenn aber der Grad der Flüssigkeit geringer, die Adhäsion hingegen stärker ist, so können die Tropfen auch größer ausfallen, als bei einer andern Flüssigkeit von größerer Beweglichkeit und geringerm specifischen Gewichte; so z. B. bildet Weingeist kleinere Tropfen als Wasser, obgleich ersterer specifisch leichter ist.

Flüssigkeiten, welche eine starke Adhäsion zum Gefäße haben, rinnen beim Ausgießen gerne an der äußern Oberfläche desselben herab, und trennen sich davon erst am Boden, z. B. Alkalien und Säuren beim Ausgießen aus gläsernen Gefäßen. Dieses kann vermieden werden, wenn entweder das Gefäß gleich anfangs so stark geneigt wird, daß die Adhäsion von der Schwere vollkommen überwunden werden kann, oder wenn man den Rand des Gefäßes mit einer Substanz bestreicht, wovon die Flüssigkeit weniger angezo-

gen wird, z. B. bei wässerigen Flüssigkeiten mit Wachs oder Unschlitt u. dgl.

Die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten an feste Körper ist am wirksamsten, wenn letztere dünne Röhren sind, in welchen sich erstere befinden. Solche Röhren, welche weniger als eine Linie im Durchmesser haben, heißt man Haarröhrchen, daher die Wirkung der Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten in denselben Haarröhrchen-Anziehung oder Capillarität genannt wird. Wenn man nämlich ein gläsernes Haarröhrchen in ein Gefäß mit Wasser senkrecht eintaucht, so findet man in ersterm die Flüssigkeit um so höher über den Wasserspiegel erhoben, je kleiner der Durchmesser des Röhrchens ist.

Fließt auf einem senkrechten und auf beiden Seiten offenen Haarröhrchen ein Tropfen Wasser von Außen hinab, so wird er, sobald er die untere Mündung erreicht hat mit großer Gewalt und Schnelligkeit in das Röhrchen hinein und darin hinauf gezogen werden. Dieß findet nicht bloß bei gläsernen, sondern auch bei andern feinen Röhrchen statt, wenn sie nur vom Wasser genetzt werden. Sind die Röhrchen von solcher Materie, welche zum Wasser eine geringe Anziehungskraft hat, mithin davon nicht genetzt wird, so erhebt sich diese Flüssigkeit darin nicht im geringsten über den Wasserspiegel; dasselbe ist auch der Fall, wenn gläserne Haarröhrchen in eine Flüssigkeit getaucht werden, welche dazu keine chemische Verwandtschaft haben, z. B. in Queckfilber, welches sich darin nicht nur über den Spiegel nicht erhebt, sondern, wenn das Röhrchen enge genug ist, gar nicht hineindringt. Aber auch von solchen Flüssigkeiten, welche sich in die Haarröhrchen einziehen, erheben sich nicht alle gleich hoch; ferner hat man gefunden, daß die Höhe der Haarröhrchen-Anziehung mit dem specifi-

schen Gewichte der Flüssigkeiten in keinem Verhältnisse stehe; denn wenn sich z. B. Terpentinöl von 0,792 specifischem Gewichte in einem gläsernen Haarröhrchen 1,35 Zoll über den Spiegel erhebt, so erhebt sich Schwefelsäure von 1,203 um 2,70 Zoll.

Die Länge der Haarröhrchen hat übrigens keinen Einfluß auf das Steigen.

Aus allen diesen Thatsachen folgt also, daß die Capillarität nur von der Stärke der Adhäsion, oder mit andern Worten, von der chemischen Verwandtschaft abhängt, welche im Stande ist, die Cohäsionskraft der flüssigen Theilchen bis auf einen gewissen Grad zu überwinden, sobald die Masse oder das absolute Gewicht der Flüssigkeit gering ist, wie dieses in engen Röhrchen statt findet.

Die Haarröhrchenanziehung findet übrigens nicht nur in cylindrischen Gefäßen; sondern auch zwischen zwei parallelen, nahe an einander stehenden Wänden, z. B. zwischen zweien Glastafeln statt.

Weitbrecht hat gefunden, daß die Höhe, zu welcher sich das Wasser in gläsernen Haarröhrchen erhebt, mit dem Durchmesser im umgekehrten Verhältnisse steht. In einem Harröhrchen von $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser erhebt sich das Wasser um 1 Zoll, von $\frac{1}{4}$ Linie Durchmesser um 2'' von $\frac{1}{8}$ Linie Durchmesser um 4'' von $\frac{1}{16}$ Linie Durchmesser um 8'' u. s. w.

Das Aufsteigen der Flüssigkeiten im ungeleimten Papiere, im Schwamm, im Holze, in Mauern, des schmelzenden Wachses, Unschlitts oder Oels im brennenden Dochte u. s. w. rührt von der Capillarität in den kleinsten Zwischenräumen dieser Körper her.

Die Erscheinungen und Gesetze der Capillarität sind für die Physiologie von großer Wichtigkeit, indem der Kreis-

lauf bei Thieren und Pflanzen ohne Zweifel zum Theil davon bedingt wird.

Die Kraft, mit welcher elastische Haarröhrchen sich durch die aufgenommene Flüssigkeit ausdehnen, ist erstaunenswerth; die festesten Mühlsteine können gesprengt werden, wenn man Löcher in dieselben haut, diese mit trocknem Holze verkeilt, und dann das Holz wiederholt mit Wasser begießt. So kann man auch ein Faß zersprengen, wenn man es mit trocknen Erbsen füllt, und diese hierauf mit Wasser benetzt u. s. w.

III.

Luft und Dampf.

§. 113.

Aerostatik. Die luftartigen Flüssigkeiten unterscheiden sich von den tropfbaren im Zustande der Ruhe, schon durch ihre Elasticität, wodurch sie sich sowohl zu einem ungeheuren Volumen ausdehnen, als auch in einen kleinen Raum zusammen drücken lassen, ohne ihren Aggregatzustand zu verlieren. Durch diese Elasticität drücken sie nach allen Seiten mit ziemlich gleicher Gewalt, welche um so größer ist, je mehr sie sich vermöge ihrer Elasticität auszubreiten suchen. Ist die elastische Flüssigkeit in ein Gefäß eingeschlossen, und dieses auch von Außen mit Luft oder Dampf von gleicher Elasticität umgeben, so ist der Druck auf die Wände von Außen und von Innen gleich stark, und das Gefäß kann dadurch nicht zersprengt werden, wenn auch die Masse desselben so dünne und zerbrechlich wie immer ist. Bei einem gleichen Grade von Ruhe, Dichtigkeit und Elasticität innerhalb und außerhalb des Gefäßes, wird alles im Gleichge-

wichte bleiben, wenn auch das Gefäß geöffnet wird. Die Luft in einer offenen Bouteille wird also der äußern völlig das Gleichgewicht halten.

Obgleich die luft- und dampfartigen Flüssigkeiten in einem Gefäße eingespert nach allen Seiten hin eine gleiche Elasticität besitzen und mithin auf alle Wände einen ziemlich gleichen Druck ausüben, so besitzen sie doch auch Schwere, und müssen daher abwärts stärker drücken als seitwärts und aufwärts, weil sie von der Erde angezogen werden. Daher lassen sich die verschiedenen Luftarten auch wägen und nach ihrem specifischen Gewichte bestimmen, wenn man sie in einen zuvor luftleer gemachten und gewogenen Ballon strömen läßt (§. 46.). Allein dieser stärkere Druck nach abwärts oder die Schwere, wird nur bei größern Massen merklich.

Den Grad der Elasticität luft- und dampfartiger Flüssigkeiten bezeichnet man auch mit Spannung oder Tension: und unterscheidet absolute und specifische Elasticität.

Unter absoluter Elasticität versteht man nämlich überhaupt die Kraft, womit eine elastische Flüssigkeit einem Drucke widersteht.

Die specifische Elasticität aber findet man durch Vergleichung der Spannung mit der Dichtigkeit. Bei gleicher absoluter Elasticität ist dasjenige Gas specifisch elastischer, welches eine geringere Dichtigkeit besitzt. Da nun die Dichtigkeit oder das specifische Gewicht bei gleichem Thermometer- und Barometerstande, also bei gleicher Spannung, stets dasselbe bleibt, so verhält sich die specifische Elasticität der Gasarten umgekehrt wie ihr specifisches Gewicht.

Daß die Elasticität der Luft größer ist als die des Wassers, läßt sich durch ein artiges Experiment mit dem Car-

thesianischen Teufelchen zeigen. Es ist dies nämlich ein hohler gläserner Körper, welcher auf der untern Seite eine Oeffnung hat und in einem Cylinder voll Wasser schwimmt. Ist der Cylinder über dem Wasser mit einer Blase straff und luftdicht zugebunden, und drückt man mit dem Finger auf die Blase, so sinkt der hohle Körper (dem man gewöhnlich die Gestalt eines Menschen oder Thieres giebt) zu Boden, weil sich der Druck durch das Wasser auf die Luft in dem Körper durch die kleine Oeffnung fortpflanzt, wodurch die Luft zusammengedrückt, und Wasser in den Körper getrieben wird. Läßt der äußere Druck nach, so dehnt sich die Luft in dem Körperchen wieder aus, und bringt es neuerdings zum Emporsteigen.

Bei vermindertem Drucke dehnt sich die Luft so lange aus, bis sie durch die Ausdehnung selbst so viel von ihrer Elasticität verloren hat, daß sie mit dem verminderten Drucke wieder im Gleichgewichte steht; bei vermehrtem Drucke aber wird die elastische Flüssigkeit in einen engern Raum zusammengepreßt, bis sie mit der dadurch vermehrten Spannkraft dem Drucke wieder das Gleichgewicht hält, oder durch die Gewalt des Druckes auf den tropfbarflüssigen oder gar festen Aggregatzustand condensirt wird. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß alle sogenannten permanent elastischen Gasarten bei einem gewissen Grad von Druck und Kälte ihren Gaszustand verlieren werden, und zu tropfbaren Flüssigkeiten oder festen Körpern condensirbar sind; allein noch ist dies nicht bei allen Gasarten gelungen, weil es an geeigneten Apparaten dazu fehlt.

Um die Stärke der Elasticität einer Luft- oder Dampfart bei einer gegebenen Temperatur zu bestimmen, vergleicht man gewöhnlich damit die Höhe einer Queckſilbersäule, welcher jene das Gleichgewicht hält. Wenn man also sagt:

Wasserdämpfe haben bei + 80° R. eine Elasticität von 28½ Queckſilber-Zoll, ſo will dies ſo viel heißen, daß die Wände eines ganz eingeſchloſſenen Gefäßes, in welchen etwas Waſſer bis zu + 80° R erhitzt wird, von den entwickelten Dämpfen einen eben ſo ſtarken Druck auszuhalten haben, als wären ſie gleichförmig 28½ Zoll hoch mit Queckſilber bedeckt.

Die Erfahrung lehrt, daß die Elasticität und die Dichtigkeit der Luft im geraden Verhältniſſe mit dem Drucke zunimmt. Wenn alſo eine Portion Luft in einer Röhre eingeſpert, unter einem Drucke von 28 Zoll Queckſilberhöhe einen Raum von 12 Zoll Höhe einnimmt, und eine Dichtigkeit = 1 hat, ſo wird ſie unter einem Drucke von 56 Zoll Queckſilberhöhe bei gleicher Temperatur nur noch einen Raum von 6 Zoll Höhe einnehmen, und eine Dichtigkeit = 2 folglich auch eine doppelt ſo ſtarke Elaſticität beſitzen. Wird der Druck aufs Neue mit 28 Zoll Queckſilber vermehrt, d. h. hat die eingeſperte Luft einen Druck von 28. 3 = 84 Zoll Queckſilberhöhe auszuhalten, ſo wird auch ihre Elaſticität und Dichtigkeit verdreifacht, und ihr Volum auf 4 Zoll, nämlich aufs Drittheil reducirt. Dieſe von Mariotte zuerſt durch Verſuche gefundene Verhältnißmäßigkeit zwiſchen Druck, Elaſticität, Dichtigkeit und Volumen heißen die Phyſiker „das Mariotte'ſche Geſetz;" die Anwendungen deſſelben ſind eben ſo wichtig als mannigfaltig.

Hinſichtlich der Dampfarten muß jedoch bemerkt werden, daß ſie ſich zwar durch Erhitzung nach demſelben Geſetze ausdehnen, wie die Gasarten, allein daß ihre Dichtigkeit und Elaſticität an eine beſtimmte Temperatur gebunden iſt. Wir wiſſen, daß jede Gasart, ohne Rückſicht auf die Temperatur, durch Druck auf den halben Raum zuſammen

gepreßt werden kann, und dadurch doppelte Spannung und Dichtigkeit erhält; allein Dämpfe verlieren dadurch zum Theil ihren Aggregatzustand. Wird daher Wasserdampf von + 80° R., der sich über einer Schicht siedenden Wasser's befindet, auf sein halbes Volumen zusammengedrückt, so wird die Hälfte davon zu Wasser, die andere Hälfte aber behält die vorige Dichtigkeit und Spannung. Erweitert man den Raum für diesen Dampf aufs Doppelte, so entwickelt sich aus dem Wasser noch einmal so viel Dampf, und dieser erhält dadurch wieder seine vorige Spannung und Dichtigkeit. Jede Dampfart hat also für eine gegebene Temperatur einen genau bestimmten Grad von Dichtigkeit und Spannung, den sie immer erreicht, im leeren Raum schnell, im lufterfüllten Raume langsamer, vorausgesetzt, daß von der verdampfenden Substanz eine hinreichende Menge vorhanden ist. Will man eine auf ihren höchsten Grad von Dichtigkeit stehende Dampfart in einen engern Raum drücken, so wird ein Theil davon tropfbar, damit der andere die dieser Temperatur entsprechende Dichtigkeit behalten könne. Dasselbe geschieht bei Verminderung der Wärme. Es giebt also nur ein Mittel die Elasticität der Dämpfe zu vermehren, nämlich Erhöhung der Temperatur, während bei Gasarten dasselbe auch durch Compression geschieht, und darauf beruht der Hauptunterschied zwischen Gas und Dampf.

Werden verschiedene Luft- und Dampfarten, welche bei ihrer Vermischung sonst keine chemische Veränderung erleiden, zusammengemischt, so dehnt sich jede derselben in dem ganzen Raume aus und vermischt sich innig mit der andern ohne an der Elasticität eine Veränderung zu erleiden, mithin ist die Dichtigkeit und die Spannung des Gas-

gemisches gleich der Summe der Dichtigkeiten und Spannungen aller einzelnen Gasarten zusammen *).

Im Zustande der Ruhe hält jeder Theil einer elastischen Flüssigkeit an irgend einer Stelle den darüber, darneben und darunter befindlichen Theilen vollkommen das Gleichgewicht, und zwar so, daß er weder von einem andern verdrängt werden kann, noch selbst einen andern zu verdrängen im Stande ist.

Dieses gilt aber nur in so ferne die Luft oder der Dampf gleichartig ist. Ungleichartige Gas- und Dampfarten, wenn sie auch von ganz gleicher Dichtigkeit und Spannung sind, bewegen sich doch nach und nach gegenseitig und vermischen sich innigst, ohne übrigens an ihrer Dichtigkeit oder Spannung etwas zu verändern. Dies rührt von der chemischen Verwandtschaft her, welcher bei gas- und dampfartigen Flüssigkeiten die Cohäsionskraft kein Hinderniß entgegen setzt. Diese gegenseitige Anziehungskraft ist so groß, daß sie selbst dann Statt findet, wenn die Communikation mit Wasser abgesperrt ist, weil

*) Einige Physiker halten ein Gemisch von verschiedenen Gasarten, welche bei ihrer Zusammenbringung keine Veränderung im Aggregatzustande und in der Dichtigkeit erleiden, nur für ein mechanisches Gemenge. Allein dies ist ein Irrthum, denn in einem Gemenge äußerlich nebeneinander befindlicher Stoffe, behält jeder seine eigene Individualität, und drückt auf den darunter liegenden mit seiner ganzen Kraft. Dies ist aber nicht der Fall bei einem Gemisch verschiedener Gas- und Dampfarten; denn dieses verhält sich durchaus wie ein chemisch gleichartiger Stoff; keine Gasart, welche zu einer andern gelassen wird, übt auf diese einen unmittelbaren Druck aus; so drückt auch keine auf irgend einen Dampf, und keine Dampfart drückt auf eine andere, weil sich sogleich alles zu einem gleichartigen Ganzen vereiniget.

auch dieses einige Verwandtschaft fast zu allen Gasarten besitzt, und auf solche Weise von der einen aufnimmt, und von der andern in demselben Gefäß dagegen abgiebt. Wenn bei dieser Vermischung verschiedener Gasarten die Dichtigkeit nicht verändert wird, so rührt dies höchst wahrscheinlich daher, weil dabei die Wärme im Zustande ihrer chemischen Verbindung mit den einzelnen Gas- und Dampfarten keine Veränderung erleidet.

Ungleichartige Gas- und Dampfarten von verschiedener Dichtigkeit und Spannung verhalten sich zu einander beinahe wie tropfbare Flüssigkeiten, welche mit einander mischbar, aber von verschiedenem specifischen Gewichte sind. Oeffnet man daher eine mit Gas oder Dampf von größerer Dichtigkeit gefüllte Flasche in einer specifisch leichtern Luft, so daß die Mündung der Flasche abwärts gekehrt ist, so fließt das dichtere Gas heraus, und das leichtere strömt aufwärts und tritt an die Stelle des erstern, und zwar so, daß man ein Gas, welches dichter als die umgebende Luft ist, aus einem Gefäß in ein anderes gießen kann, z. B. kohlensaures Gas aus einer Flasche in einen offenen Cylinder, wodurch ein darin brennendes Licht ausgelöscht wird. Allein bei diesem Ausgießen luft- und dampfartiger Flüssigkeiten vermischen sich die verschiedenen Luftarten sehr bald, und zwar so, daß es sich ungefähr so verhält, wie beim Ausgießen einer mit Syrup gefüllten Flasche unter Wasser getaucht. Umgekehrt strömen die specifisch leichtern Gas- und Dampfarten in einer dichtern Luft- oder Dampfart so lange aufwärts, während letztere abwärts fließt und an die Stelle der erstern tritt, bis beide elastischen Flüssigkeiten sich mit einander vermischt und das Gleichgewicht wieder hergestellt haben. Dieses sehen wir beim Aufsteigen des Wasserdampfes, welcher sich in der kältern und dichtern Luft zu Nebel conden-

sirt und sichtbar wird. Dies sehen wir auch, wenn man eine mit Wasserstoffgas gefüllte und aufrecht stehende Flasche öffnet und der Mündung eine Flamme nähert; das specifisch leichtere Wasserstoffgas steigt nämlich aus der Flasche und erhebt sich in der Luft, wo es bei der Berührung mit der letztern entzündet werden kann.

Werden zwei Gefäße, in denen sich Luft oder Dampf, zwar von gleicher Dichtigkeit, aber z. B. durch Wärmedifferenz von verschiedener Spannung befindet, durch Oeffnung eines Hahnes miteinander in Gemeinschaft gesetzt, so strömt die Luft mit stärkerer Spannung so lange in jene mit schwächerer Spannung bis in beiden Gefäßen ein vollkommenes Gleichgewicht hergestellt ist, gleichviel ob die Einmündung nach oben, seitwärts oder nach unten geht. Die Geschwindigkeit des Ueberströmens steht mit der Differenz der Spannung im geraden Verhältniß, ist also anfangs immer am größten und vermindert sich nach und nach so sehr, daß sie zuletzt unmerklich wird. Dasselbe gilt auch beim Ausströmen einer Luft- oder Dampfart von größerer Spannung in die atmosphärische Luft. Darauf beruht zum Theil der Mechanismus des Athmens der Gebläse, Gasometer, Luftpumpen, Dampfmaschinen, der chemisch pneumatischen Arbeiten u. s. w.

Tropfbarflüssige und feste Körper verhalten sich beim Eintauchen in Luft oder Dampf eben so wie beim Eintauchen in eine tropfbare Flüssigkeit, sie verlieren nämlich darin so viel an ihrem Gewichte, als ein ihrer Ausdehnung entsprechendes Volumen der Luft oder des Dampfes wiegt. Da nun an der Oberfläche der Erde ein Kubikfuß atmosphärischer Luft, bei mittlern Barometer- und Thermometerstande, 619 Gran wiegt, so verliert jeder Kubikfuß eines andern Körpers beim Wägen in der Luft eben so viel, also

über 2 Loth von seinem absoluten Gewicht. Daher muß man, um das absolute Gewicht eines Körpers genau zu erfahren, jederzeit die Dichtigkeit der Luft kennen und in Rechnung bringen.

Diesem Gewichtsverluste, welchen schwere Körper in der Luft erleiden, dann der Elasticität der letztern und dem Drucke den sie nach allen Seiten ausübt, ist es zuzuschreiben, warum Körper im Zustande einer feinen Zertheilung; z. B. Staub, oder im Zustande einer beträchtlichen Ausdehnung, z. B. papierne Drachen, vorzüglich im Zustande der Bewegung nicht nur in der Luft schwebend erhalten werden, sondern sogar unter einem schiefen Winkel darin sich aufwärts fortbewegen können. Darauf beruht die Nützlichkeit des Fallschirms, welcher regendachartig ausgespannt ist, und durch den Widerstand, den die Luft seiner beträchtlichen Fläche entgegensetzt, den Fall eines Menschen, der sich daran festhält, aus einer beträchtlichen Höhe unschädlich machen kann; darauf beruhet endlich auch das Fliegen der Vögel u. s. w.

§. 114.

Pneumatik. Da nach dem Mariotteschen Gesetze die Dichtigkeit und Elasticität aller luftartigen Flüssigkeiten in dem geraden Verhältnisse mit dem Drucke zunimmt, so läßt sich leicht begreifen, daß dadurch die Kraft, womit die elastischen Flüssigkeiten auf einander und auf andere Körper wirken, ungeheuer vermehrt werden kann.

Die Mittel, wodurch die Spannung einer eingesperrten elastischen Flüssigkeit vermehrt wird, sind hauptsächlich folgende:

1) Vermehrung der Masse durch chemische Entwicklung. Wenn nämlich in einem eingeschlossenen

Raume durch Gährung oder überhaupt durch Aufeinanderwirkung ungleichartiger Substanzen, eine große Menge einer elastischen Flüssigkeit erzeugt wird, so werden die Gefäße oft mit großer Gewalt mit einem starken Knalle zersprengt.

2) Ausdehnung durch Erhitzung bei gleicher Masse. Auch da ist die Wirkung sehr heftig und gefährlich, wenn eingesperte Luft oder Dampf stark erhitzt wird, wie sich dies schon einigemal bei Dampfmaschinen ereignet hat, worin der Dampf zu stark erhitzt wurde, oder wegen Verstopfung des Ventils keinen Ausweg fand, und so durch Zersprengung des Dampfkessels eine fürchterliche Zerstörung anrichtete. Dasselbe kann auch geschehen, wenn man in ein gläsernes oder metallnes Gefäß Luft einspert und stark erhitzt. Uebrigens erlaubt die ungeheure Ausdehnung luft- und dampfartiger Flüssigkeiten in der Hitze verschiedene sehr nützliche Anwendungen; ich will in dieser Hinsicht nur an die Dampfmaschine erinnern. Will man ein Gefäß mit enger Oeffnung z. B. eine Thermometerröhre mit einer tropfbaren Flüssigkeit füllen, so braucht man nur die darin enthaltene Luft durch Hitze zu verdünnen, und dann die Mündung des Gefäßes in die Flüssigkeit halten.

3) Vermehrung der Masse durch chemische Entwicklung und Ausdehnung durch Erhitzung zugleich. Dadurch werden die Wirkungen der Elasticität luft- und dampfartiger Flüssigkeiten am allerheftigsten, wie wir dies an dem Effekte des Schießpulvers und anderer verknallender Substanzen sehen. Indem nämlich diese Körper durch Entzündung oder durch sonst einen Impuls plötzlich eine chemische Zersetzung erleiden, erfolgt in demselben Momente eine doppelte Wirkung, erstens wird eine große Menge Gas entwickelt, und zweitens in demselben Augenblicke und aus derselben Ursache eine so große Hitze erzeugt, daß

das entwickelte Gas dadurch eine ungeheure Spannung und durch Ueberwindung der Hindernisse eine so augenblickliche Ausdehnung erleidet, daß sich daraus die Wirkungen des Knallpulvers, einer Bombe, eines Kanonenschußes u. s. w. wohl erklären läßt.

Nach Robins Versuchen verbreitet ein ganz rundes Pulverkorn bei der Entzündung sein Feuer, d. h. das Glühen des entwickelten Gases, in einer Entfernung von 8 Durchmessern des Korns; der Durchmesser des Entzündungskreises wird daher 16 Durchmesser des Korns betragen, und da die Entzündung nach allen Seiten gleichförmig wirkt, so entsteht daraus das Verhältniß wie 1 zu dem Kubus von 16, also nahe wie 1 zu 4000, d. h. der Raum, den das Pulver vor der Entzündung einnimmt, verhält sich zu dem ausgedehnten Raume nach der Entzündung wie 1 zu 4000. Wenn man nun bedenkt, daß diese Ausdehnung plötzlich mit ungeheurer Gewalt geschieht, und daß beim Schuß viele Pulverkörner zugleich zersetzt werden, so kann die Wirkung des Schießpulvers und überhaupt aller jener chemischen Prozesse, wo zugleich viel Gas und Hitze erzeugt wird, nicht räthselhaft bleiben.

Zu den Mitteln, wodurch die Spannung einer eingesperten elastischen Flüssigkeit vermehrt wird, gehört dann:

4) Zusammendrückung durch mechanische Mittel ohne beträchtliche Erhitzung. Die Wirkung der zusammengedrückten Luft ohne Vermehrung derselben durch chemische Mittel und ohne Mitwirkung der Wärme, sehen wir an der Windbüchse, in deren Luftbehälter man die Luft mittelst einer Compressions-Pumpe außerordentlich stark zusammen drückt. Wird das Ventil des Luftbehälters aufgeschlagen, so drückt die comprimirte Luft mit solcher Kraft gegen die Ladung im Laufe der Windbüchse,

daß sie mit einer ähnlichen Gewalt herausfährt, wie die Kugel aus einer mit Schießpulver geladenen Flinte.

Man hat an Windbüchsen die Beobachtung gemacht, daß die Luft nichts von ihrer Elasticität verliert, wenn sie auch mehrere Jahre lang in einem Behälter zusammen gedrückt bleibt.

Uebrigens giebt es verschiedene Experimente, um die elastische Kraft der zusammengedrückten Luft zu zeigen; dahin gehört z. B. der Heronsball, wenn nämlich ein luftdichtes Gefäß, etwa eine metallne Kugel zum Theil mit Wasser gefüllt, und in die Oeffnung derselben eine beinahe bis auf den Boden hinabgehende offene Röhre befestigt wird. Treibt man durch diese Röhre Luft hinein, so geht sie durch das Wasser in den obern Raum des Gefäßes und wird dort comprimirt. Oeffnet man hierauf die Röhre, so treibt die im Gefäße zusammengedrückte Luft durch ihre vermehrte Spannung, das Wasser mit solcher Gewalt heraus, daß es einen Springbrunnen bildet. Dasselbe ist auch der Fall, wenn die Luft im Gefäße anstatt durch eine Compressions-Pumpe zusammengedrückt zu seyn, erhitzt wird. Füllt man das Gefäß mit Weingeist und zündet dann an der Mündung den herausfahrenden Strahl an, so hat man eine feurige Fontäne. — Dahin gehört ferner der Heronsbrunnen, welcher aus zwei übereinander befindlichen mittelst zweier Röhren communicirenden Gefäßen besteht, wo durch das Hinabfließen des Wassers aus einer oben angebrachten Vertiefung in das untere Gefäß die Luft durch die andere Röhre in das obere bereits mit Wasser gefüllte Gefäß getrieben wird, und durch ihren Druck das Wasser zu einer feinen senkrechten Röhre oben herausdrückt, wodurch gleichfalls ein Springbrunnen entsteht u. s. w.

Zu den Mitteln, wodurch luft- und dampfartige Flüs-

fähigkeiten durch ihre Elasticität zu wirken veranlaßt werden gehört:

a) Verminderung oder Beseitigung des Gegendrucks bei gleichfortwirkender Elasticität auf der andern Seite. Wenn z. B. eine sehr dünne geblasene Glasflasche luftdicht verschlossen unter den Recipienten einer Luftpumpe gestellt, und die äußere Luft hierauf durchs Auspumpen sehr verdünnt wird, so kann durch diese Beseitigung des äußern Gegendrucks die in der Flasche eingesperrte Luft durch ihre Elasticität, ohne Vermehrung ihrer Masse, und ohne Temperatur-Erhöhung, so sehr wirken, daß die Flasche zerspringt. Dasselbe findet auch statt, wenn in einer Glasflasche aus irgend einer Ursache ein luftverdünnter Raum entsteht, wo dann die äußere atmosphärische Luft durch ihre unveränderte Elasticität und Schwere die Wände der Flasche eindrückt. Am leichtesten läßt sich dies mittelst der Luftpumpe zeigen, und am meisten unterliegen der Gefahr der Zerdrückung durch die äußere Luft gläserne Gefäße mit ebenen Wänden; man lege nur auf einen festen Cylinder, welcher auf dem Teller der Luftpumpe steht, eine dünne Glastafel, so daß sie überall luftdicht anschließt, und pumpe hierauf darunter die Luft aus; bei einem gewissen Grade von Verdünnung wird der Druck der äußern Luft so sehr überwiegend, daß davon die Glastafel eingedrückt wird. Kugelförmige Gefäße können einen ungleichen Druck sowohl von Innen als von Außen weit besser aushalten; daher läßt man die gläsernen Recipienten für die Luftpumpen jederzeit kugelig oder wenigstens gewölbt machen.

b) Sind die Wände eines Gefäßes, worauf eine elastische Flüssigkeit ungleich drückt, biegsam, so werden sie einwärts oder auswärts, kurz nach der Seite hin gedrückt, wo der

Gegendruck schwächer oder gänzlich aufgehoben ist. So füllt man z. B. eine leere Rindsblase etwa zur Hälfte mit Luft, und legt sie gut zugebunden an einen warmen Ort, so wird sich die eingesperrte Luft ausdehnen und die Wände der Blase nach Außen wölben. Bringt man sie in diesem Zustande wieder an einen kühlen Ort, so wird durchs Erkälten der eingesperrten Luft die Spannung derselben vermindert, während die äußere Luft mit gleicher Elasticität und Schwere fortwirkt, mithin die Blase wieder nach einwärts drückt. Bringt man die erschlaffte Blase in diesem Zustande unter den Recipienten einer Luftpumpe, und verdünnt hierauf die Luft, so läßt sich sehen, wie hier die Verminderung des äußern Gegendrucks auf die eingeschlossene Luft eben so wirkt, wie die Erwärmung derselben, indem sich die Blase wieder ausdehnen und spannen wird.

Alle Gas- und Dampfarten sind specifisch leichter als die tropfbaren Flüssigkeiten, daher strömen erstere, wenn sonst kein Hinderniß obwaltet, in letzteren so lange aufwärts, bis sie entweder von der tropfbaren Flüssigkeit gänzlich absorbirt worden sind, oder sich mit der äußern Luft ins Gleichgewicht gesetzt haben, oder endlich bis sie von einem festen Hindernisse im Aufwärtssteigen gehindert werden. Indessen kann das Hinderniß auch in einer tropfbaren Flüssigkeit selbst liegen, wenn die Gas- oder Dampfmenge gering oder in einer engen Röhre eingeschlossen ist, wo die Adhäsion an die Wände der Röhre die pneumatischen Gesetze überwiegt, oder endlich, wenn die Flüssigkeit durch ihre Menge oder Zähigkeit oder durch einen äußern Druck in einer engen Röhre der specifisch leichtern elastischen Flüssigkeit eine abwärtsgehende Bewegung mittheilt.

Dem Einflusse der Adhäsion, dem tropfbare Flüssigkeiten gegen feste Körper unterworfen sind, und dem Drucke,

welchen die elastischen Flüssigkeiten nach allen Seiten ausüben, ist es zuzuschreiben, warum z. B. tropfbare Flüssigkeiten beim Eingießen in Gefäße mit sehr enger Mündung, und beim Herausbringen aus denselben Schwierigkeiten unterliegen, warum aus vollen Fässern mit verschlossenem Spundloche bei Oeffnung des Zapfens nichts ausfließen will u. s. w.

Hat das Gefäß, in welcher die Spannung einer Gas- oder Dampfart vermehrt oder vermindert wird, an irgend einer Stelle eine Oeffnung, so wird die elastische Flüssigkeit so lange mit abnehmender Geschwindigkeit aus- oder einströmen, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Aber nicht alle Luft- und Dampfarten strömen mit gleicher Geschwindigkeit aus feinen Oeffnungen bei gleichem Durchmesser der letztern und gleichem Drucke; im Allgemeinen strömen die Gasarten um so geschwinder aus engen Oeffnungen, je geringer das specifische Gewicht und je größer die Spannung derselben ist. Im Uebrigen aber folgen sie so ziemlich denselben Gesetzen, wie die aus engen Oeffnungen unter bestimmten Druckhöhen strömenden tropfbaren Flüssigkeiten *).

Was die Stoßkraft der bewegten elastischen Flüssigkeiten betrifft, so gilt davon so ziemlich dasselbe, was in dieser Hinsicht von den tropfbaren Flüssigkeiten bekannt ist. Die nützlichen Anwendungen, welche von der Stoßkraft der bewegten Luft bei Windmühlen, Segelschiffen u. s. w. gemacht werden, sind bekannt.

Unter den pneumatischen Maschinen, welche auf die Elasticität der Luft und des Wasserdampfes gegründet sind,

---

*) Sehr lehrreiche Versuche über die Gesetze wornach gasartige Flüssigkeiten aus engen Oeffnungen ausströmen, verdanken wir Hrn. Prof. Schmidt in Gießen. (Gilb. Anm. Bd. 66. S. 39.)

verdienen eine besondere Erwähnung, die pneumatische Wanne, das Gasometer, die Compressionspumpe, das Gebläse, die Luftpumpe, die Saugpumpe und die Dampfmaschine.

§. 115.

Pneumatische Wanne. Da die Luft- und Dampfarten, wovon die Chemie eine beträchtliche Anzahl kennen lehrt, wegen ihrer geringen Cohäsionskraft alle mit einander mischbar sind, und da wir auf unserer Erde allenthalben mit Luft umgeben sind, ohne welche wir nicht leben könnten, uns also beständig in einem Luftmeere befinden, mit welchem sich alle übrigen Luft- und Dampfarten sehr schnell vermischen, so können wir diese elastischen Flüssigkeiten nur in verschlossenen Gefäßen für sich entwickeln, auffammeln, untersuchen und aufbewahren. Da aber zugleich die luft- und dampfartigen Flüssigkeiten durch ihre Elasticität bei vermehrter Spannung die feste Verschließung durchbrechen und die Gefäße zersprengen würden, so muß man sich bei Behandlung dieser elastischen Flüssigkeiten eines tropfbar-flüssigen Verschließungsmittels bedienen. Bei Gasarten, welche vom Wasser wenig oder gar nicht absorbirt werden, bedient man sich einer gesättigten Salzauflösung oder auch nur des Wassers; bei jenen Gas- und Dampfarten hingegen, welche vom Wasser absorbirt werden, bedient man sich des Queckfilbers als Spermittel. Einen solchen, mit einem tropfbarflüssigen Spermittel versehenen und zum Auffangen u. s. w. elastischer Flüssigkeiten bestimmten Apparat, nennt man den pneumatischen Apparat oder die pneumatische Wanne, und zwar bei Wassersperung einen hydropneumatischen, und bei Queckfilbersperung einen hydrargyropneumatischen Apparat. Die Einrichtung, so ver-

schieden modificirt man sie auch antrifft, ist höchst einfach. Nehmen wir an, (Taf. VIII.) Fig. 82, a sei eine hölzerne oder steinerne Wanne bei c mit einer Brücke versehen, mit runden nach unten trichterförmig erweiterten Oeffnungen durchbohrt, um dadurch die elastische Flüssigkeit in einem darübergestürzten Gefäße zu sammeln, und diese Wanne sey bis einige Linien über der Brücke, also etwa bis b mit Wasser oder Queckfilber gefüllt. Stürzt man nun eine gleichfalls mit Wasser oder Queckfilber ganz angefüllte Flasche oder Glocke d so auf die Brücke, daß die offene Mündung dieses Gefäßes genau auf einer Oeffnung der Brücke steht, so ist es klar, daß die tropfbare Flüssigkeit in der Wanne und in dem Gefäße d im vollkommenen Gleichgewichte stehen muß, weil die äußere Luft die Wände des Gefäßes d nicht durchdringen und nur auf die Flüssigkeits-Fläche b b drücken kann. Lassen wir nun etwa aus dem Kolben k durch die Gasleitungsröhre g Luft- oder Dampfblasen unter den Trichter der Brücke gehen, so müssen sie nach dem ärostatischen Gesetze in der tropfbaren Flüssigkeit so lange aufwärts steigen, bis die Wände des Gefäßes d der Bewegung Grenzen setzen. Die dadurch aus dem Gefäße d verdrängte tropfbare Flüssigkeit wird in die Wanne herabgedrückt, und so läßt sich das ganze Gefäß mit Luft oder Dampf anfüllen, und darin, durch die tropfbare Flüssigkeit in der Wanne gesperrt, vor der Vermischung mit der äußern Luft bewahren. So kann man auch in der pneumatischen Wanne ein Gas aus einem Gefäße in jedes beliebige andere bringen, nur muß letzteres jederzeit zuerst mit der Sperflüssigkeit angefüllt seyn, denn die sogenannten leeren Gefäße sind nicht leer, sondern jederzeit schon mit atmosphärischer Luft angefüllt, welche erst daraus entfernt werden muß, und dies kann nur auf zweifache Weise geschehen,

nämlich a) unvollkommen durch Verdünnung mittelst der Luftpumpe oder durchs Erhitzen; b) vollkommen durch Anfüllung des Gefäßes mit einer tropfbaren Flüssigkeit. Läßt man, nachdem das Gefäß d bereits mit Luft oder Dampf ganz angefüllt ist, noch ferner Blasen unter die Brücke aufsteigen, so bahnen sie sich zwischen der Brücke und dem Rande des Gefäßes einen Ausweg in die äußere Luft.

§. 116.

Gasometer. Eine Modification des pneumatischen Apparats ist das Gasometer. Um nämlich eine größere Quantität Gas unter einer Glocke aufzusammeln, zu messen und für den Gebrauch aufzubewahren und zugleich eine möglichst geringe Quantität Sperflüssigkeit nöthig zu haben, giebt man dem pneumatischen Apparat folgende Einrichtung Fig. 84.

Eine Glocke a, welche oben mit einem Hahne b versehen ist, stürze man in einen mit der Sperflüssigkeit angefüllten Cylinder c c, welcher mit der Glocke wenigstens gleiche Höhe haben muß. Ist dabei der Hahn b der Glocke geöffnet, so wird durch denselben die atmosphärische Luft entweichen, die Glocke sinkt in der Sperflüssigkeit nieder und füllt sich gänzlich damit. Der Cylinder c c, welcher hier die Stelle der pneumatischen Wanne vertritt, muß mit einer Gasleitungs-Röhre d d versehen seyn, welche von Außen mit einem Hahn verschlossen werden kann, im Innern aber bis über den Spiegel der Sperflüssigkeit empor reicht. Wird nun der Hahn b der in der Sperflüssigkeit eingetauchten Glocke geschlossen, und jener der Gasleitungs-Röhre d geöffnet, so kann, wenn letztere mit einem Gasentwicklungs-Apparat in luftdichte Verbindung gesetzt ist, jede beliebige Gas- oder Dampfart in die Glocke geleitet werden, welche,

so wie sie sich damit füllt, nach und nach aus der Sperflüssigkeit emporsteigt. Schließt man nun, nachdem die Glocke gefüllt ist, den Hahn der Gasleitungsröhre d, so ist das Gas eingesperrt, und kann zum beliebigen Gebrauch aufbewahrt werden. Durch Niederdrückung der Glocke in die Sperflüssigkeit und Oeffnung eines Hahns (b oder d) läßt sich nun das Gas aus dem Gasometer, vorzüglich wenn man sich elastischer Röhren bedient, welche an den zu öffnenden Hahn luftdicht angesteckt oder angeschraubt werden können, durch Beihülfe der pneumatischen Wanne in beliebige Gefäße leiten, oder beim Ausströmen verbrennen, oder als Gebläs gebrauchen, um eine Flamme anzufachen u. s. w.

Damit die Glocke auf und nieder steigt, und in dieser Bewegung geregelt, gemessen und erleichtert wird, läßt man dieselbe oben mit zwei gegenüberstehenden horizontalen Armen versehen, welche sich in Ringe endigen, in die zwei Stangen passen, welche an dem Cylinder von Außen senkrecht befestiget sind. Bei größern Gasometern kann man das Aufsteigen der Glocke durch angebrachte Schnüre, welche an den Stangen über Rollen laufen und durch angehängte Gewichte gezogen werden, sehr erleichtern; und um das Niedersinken derselben und das Ausströmen des Gases zu befördern, kann man der Glocke die Einrichtung geben, daß oben Gewichte aufgelegt werden können. Damit beim Niederdrücken der Glocke die Sperflüssigkeit nicht über den Rand des Cylinders laufe, läßt man denselben oben hinreichend weit und hoch machen; und um bei größern Gasometern die Sperflüssigkeit wieder vermindern oder gänzlich ablassen zu können, bringt man unten einen Hahn an.

Uebrigens kann die Einrichtung der Gasometer nach ihrem Zwecke sehr verschieden modificirt seyn. Die größten Gasometer, z. B. zum Zwecke der Gasbeleuchtung, sind von

Eisenblech oder auch von Holz und mit eisernen Reifen gebunden gewöhnlich parallelepipedisch; die kleinern als hydropneumatische Apparate läßt man von Kupfer, Messing oder verzinntem Eisenbleche verfertigen. Wenn aber Queckſilber als Sperrflüssigkeit dienen soll, so ist die Glocke am besten von Glas, und der Cylinder von unverzinnten nicht gelötheten sondern getriebenen oder zusammengenieteten Eisenbleche; und um keine überflüssige Menge Queckſilber zu gebrauchen, läßt man in den Cylinder einen hölzernen Kegel oder Cylinder h h einschrauben und einkitten, damit zwischen demselben und dem Cylinder nur ein enger Raum bleibt, in welchem sich die Glocke leicht auf und ab bewegen kann. Die Glocke selbst kann mit einer Gradleiter versehen seyn, um die Gasmenge genau messen zu können. Für solche Gas- und Dampfarten, welche die Metalle angreifen, kann man die Hähne von Buxbaum oder Guajakholz verfertigen lassen.

§. 117.

Compressionsmaschine. Um ein gegebenes Gasvolumen ohne Temperaturverminderung durch blosen mechanischen Druck auf einen kleinern Raum zu bringen und dadurch dessen Spannung zu vermehren, bedient man sich einer Pumpe (Fig. 83.) welche man Compressionspumpe oder Compressionsmaschine nennt. Die Haupttheile derselben sind:

1) ein in einen Stiefel a luftdicht schließender Stempel b;
2) ein Ventil c, welches sich in den Raum öffnet in welchem man Luft comprimiren will.

Ehe wir weiter gehen, müssen wir zuerst diese drei Kunstausdrücke erklären: Stiefel nennt man nämlich in der Mechanik eine gerade überall gleichweite inwendig mög-

lichſt glatte Röhre, gewöhnlich von Meſſing oder Glas. Stempel oder Kolben (Embolus) nennt man einen in den Stiefel luftdicht einpaſſenden Pfropf gewöhnlich aus zuſammengepreßten Leder oder Filz beſtehend, welcher an eine eiſerne Stange (Kolbenſtange) befeſtiget, entweder mit den Händen oder mittelſt einer Maſchine im Stiefel auf- und abbewegt werden kann. Ventil oder Klappe iſt eine Vorrichtung, welche in oder an einer Oeffnung angebracht iſt, und ſich durch den Druck einer tropfbaren oder elaſtiſchen Flüſſigkeit nach einer Seite öffnet, nach der andern aber luftdicht ſchließt, um den Rücktritt der Flüſſigkeit zu verhindern. Es giebt verſchiedene Ventile; die einfachſten ſind die Klappenventile, nämlich lederne oder mit Leder überzogene Deckel die an der Oeffnung auf einen Ring aufliegen und in einem Gewinde auf und zugehen. Blaſenventile beſtehen aus einem Stück befeuchteter Blaſe, welche durch den Druck der Flüſſigkeit auf die Oeffnung feſt anſchließt. Am dauerhafteſten iſt das Kegelventil, welches aus einem metallnen Kegel beſteht, der in die kegelförmige ausgedrehte Oeffnung luftdicht ſchließt und ſich gleichfalls leicht auf und zu bewegen läßt.

Wird bei der Compreſſionspumpe, deren Stiefel oben bei e (Fig. 83.) eine Oeffnung hat, der Stempel emporgezogen, ſo füllt ſich die Röhre mit Luft; beim Hinabdrücken des Kolbens aber wird durch die vermehrte Elaſticität der dadurch zuſammengepreßten Luft das Ventil c geöffnet und die Luft in das Gefäß, in welchem die Luft comprimirt werden ſoll, gedrückt, z. B. in die metallne Flaſche einer Windbüchſe. Wird hierauf der Stempel wieder zurückgezogen, ſo entſteht in der Röhre a ein luftverdünnter Raum, während die in dem Gefäße d comprimirte Luft das Ventil zudrückt und ſo ihre Entweichung ſelbſt verhindert. Sobald

aber der Stempel ganz aufgezogen ist, bringt eine neue Portion Luft durch die Oeffnung e um den leeren Raum in der Röhre auszufüllen, und so kann man das Pumpen so lange wiederholen, als es das Gefäß aushält, und als man noch Kraft genug hat, den Stempel niederzudrücken, denn je mehr die Luft zusammengedrückt wird um so größer wird der Widerstand derselben, so daß es zuletzt schwer wird das Ventil zu öffnen. Wenn man mit der Oeffnung e der Röhre einen Gasometer oder eine Blase in Verbindung setzt, worin irgend eine Gas- oder Dampfart enthalten ist, so kann man auf diese Weise damit leicht Compressionsversuche anstellen.

Wird sehr viel Luft auf einen engen Raum zusammengepreßt, so wird die Spannung derselben so sehr vermehrt, daß das Gefäß mit großer Gewalt zerspringt wie unglückliche Fälle gezeigt haben, die sich schon mehrmalen beim Einpumpen der Windbüchsenflaschen ereignet haben. Diese Gefahr kann auch dadurch herbeigeführt werden, daß das Ventil eingeölt ist, indem sich das Oel beim Zusammenpressen der Luft so stark erhitzen kann, daß es in Flamme ausbricht, wodurch die eingepumpte Luft nothwendig auf einmal so stark ausgedehnt wird, daß das Gefäß zerspringen muß.

Auf die Wirkung der durch Compression vermehrten Elasticität der Luft gründet sich auch der Windkessel in der Feuerspritze. Es ist dieß nämlich ein kupferner oben gewölbter Raum, in welchen beim Einpumpen das Wasser aus 2 Stiefeln getrieben wird, die mit den nöthigen Ventilen versehen sind theils um beim Aufwärtsgehen des Stempels den Rücktritt des bereits eingepumpten Wassers zu versperren, und eine neue Portion desselben aus dem Wasserkasten einzusaugen, und theils um beim Niedergehen des Stempels das Wasser in den Windkessel zu drücken. Da nun dieser oben verschlossen ist, und das Wasser von unten

hineingepumpt wird, so kann die in diesem Gefäß enthaltene Luft nicht entweichen, sie wird daher vom Wasser sehr zusammengedrückt, wodurch sie beim Oeffnen des Gußrohrs einen ununterbrochenen Wasserstrahl bewirkt. Es kann zwar auch durch die Gewalt der Pumpe allein ohne Windkessel das Wasser als ein kräftiger Strahl herausgetrieben werden, allein nicht ununterbrochen, weil bei jedem Aufziehen des Kolbens eine Pause entsteht, daher haben die Feuerspritzen mit Windkessel bei weiten den Vorzug.

Eine andere Anwendung des Druckes der Luft ist die in Bergwerken gebräuchliche Luftsäulenmaschine (Wasserhebmaschine) u. s. w.

§. 118.

Gebläse. Um einen Luftstrom zur Anfachung des Feuers hervorzubringen, wendet man gleichfalls mechanische Compression an, und eine solche Vorrichtung heißt Gebläse. Es giebt deren verschiedene Arten, welche sich hauptsächlich auf folgende drei zurückführen lassen:

1) Der Blasebalg; davon unterscheidet man wieder den einfachen, und den Doppelbalg. Der einfache oder gewöhnliche Handblasebalg hat zwei hölzerne Böden die an dem einen Ende schmal zulaufen, und durch Leder, wie bekannt, so mit einander verbunden sind, daß sie sich an der breiten Seite bis auf eine gewiße Entfernung auseinander ziehen lassen, und so gewissermaßen eine hohle Pyramide bilden. Der eine dieser Böden hat ein einwärts gehendes Klappenventil, damit, wenn beim Auseinanderziehen im Innern ein luftverdünnter Raum entsteht, die Luft eindringen; beim Zusammendrücken aber nicht mehr zurück, sondern durch die eiserne Röhre (Düte oder Diese) ausströmen muß. Da aber bei diesem einfachen Blasebalg der

Luftstrom während des Aufziehens immer unterbrochen wird, und nur stoßweise erfolgt, so hat man bei Orgeln, Schmiedeessen u. s. w. den Doppelbalg, welcher zwischen den beiden Endböden noch einen feststehenden Mittelboden hat, der wie der Unterboden ein Loch mit einer Klappe hat. Dadurch ist also der Blasebalg in zwei Bälge getheilt. Wird der untere geöffnet, so füllt er sich durch sein Ventil mit Luft; wird er dann aufgezogen, so drückt die eingesperte Luft das Ventil des Mittelbodens auf und dringt in den obern Balg, welcher mit der Düte versehen ist. Während also der untere Balg wieder geöffnet wird, und Luft schöpft, geht der obere mit Gewichten beschwerte ruhig nieder und unterhält so einen ziemlich gleichförmigen Wind.

Da aber bei fortwährendem Gebrauche, wie dies auf Hüttenwerken der Fall ist, das Leder sich bald abnützt und zerreißt, so hat man:

2) das Kastengebläs erfunden. Dieses besteht aus zwei hölzernen Kästen, wovon der obere sich über den untern auf und nieder bewegen läßt, ungefähr so wie man den Deckel einer Dose, die eine Scharniere hat, auf- und zumacht; nur sind bei dem Kastengebläse die Ränder des obern Kastens so breit, daß sie bei der stärksten Erhebung den untern immer genau zwischen sich behalten; auch haben die festen und glatten Ränder des obern Kastens hölzerne bewegliche Leisten welche durch Metallfedern dicht an die Ränder des Kastens angedrückt werden, damit die Luft beim Niedergehen des Kastens nicht zwischendurch entweichen kann, sondern durch die Düte zu gehen gezwungen ist. Zum Luftschöpfen hat das Kastengebläs gleichfalls ein Klappenventil u. s. w.

Endlich haben wir noch:

3) das hydrostatische Gebläs, oder Cylindergebläs,

welches beinahe die Einrichtung der Gasometer (Fig, 84.) hat, und wovon — um einen ununterbrochenen Luftstrom zu bewirken — zwei mit einander verbunden seyn müssen. Es sind dies nämlich zwei unten offene Cylinder oder Kästen, welche sich in zwei Wassergefässen auf und nieder bewegen. Eine Röhre (die Zuleitungsröhre) geht aus der freien Atmosphäre von unten in das Wassergefäß, endet über den Wasserspiegel und ist mit einem Ventil versehen, welches sich in den Luftcylinder oder Luftkasten öffnet. Eine zweite Röhre (die Blaseröhre) geht zum Feuerheerd, und vertritt die Stelle der Düte des Blasebalgs, sie ist gleichfalls mit einem Ventil versehen, welches sich aber nach auswärts, in die Röhre hinein öffnet. Beide Luftcylinder sind (wie beim Gasometer) beweglich, und werden mittelst eines zweiarmigen Hebels durch ein Wasserrad oder eine Dampfmaschine auf und nieder bewegt. Es ist nun leicht einzusehen, daß unter dem Luftcylinder, welcher im Aufsteigen begriffen ist, das Zuleitungsventil von der äußern Luft aufgedrückt, das Blaseventil aber geschlossen wird, während unter dem niedergehenden Luftcylinder das Gegentheil statt findet, wodurch ein sehr lebhafter und ununterbrochener Luftstrom unterhalten wird, um so mehr, wenn die Blaseröhre nicht unmittelbar ins Feuer sondern in einen Windkessel (§. 117.) geht von wo aus erst die gleichförmig comprimirte Luft zum Feuerheerd geleitet wird. Dieses hydrostatische Gebläse hat vor allen übrigen den Vorzug, vorausgesetzt daß eine hinreichende Kraft zum Niederdrücken und Heben der Luftcylinder zu Gebote steht, und daß das Wasser vor dem Gefrieren gesichert ist.

§. 119.

Luftpumpe. Das Gegentheil der Compressionspumpe ist die Luftpumpe, von Einigen auch pneumatische Maschine

genannt. Sie gehört zu den unentbehrlichsten physikalischen Instrumenten um die pneumatischen Gesetze zu zeigen und anzuwenden. Der Hauptsache nach besteht sie wie die Compressionspumpe aus einem metallnen oder gläsernen Stiefel (Fig. 85.) a a einem Kolben b und einem Ventil c, nur mit dem Unterschiede, daß sich hier das Ventil in den Stiefel aufwärts öffnet, und daß statt eines Luftloches im Stiefel zum Einlassen der Luft ein zweites Ventil d im Kolben zum Auslassen der Luft angebracht ist. Wird nun der Kolben im Stiefel aufwärts gezogen, so öffnet sich das Ventil c, und die Luft strömt aus der damit communicirenden Röhre g nach. Beim Niederdrücken des Kolbens hingegen schließt sich das Ventil c und die dadurch im Stiefel eingesperte Luft drückt das im Kolben angebrachte Ventil d auf, und entweicht durch die obere Oeffnung des Stiefels. Ist nun auf die mit dieser Pumpe communicirende Röhre g eine Glaskugel luftdicht aufgeschraubt, so wird beim fortgesetzten Pumpen, mit jedem Zuge aufwärts eine Portion Luft aus der Kugel nachströmen, und so nach und nach ein luftverdünnter Raum darin entstehen. Die gewöhnlichen Luftpumpen sind nicht nur mit einem Schraubengewinde zum Aufschrauben einer Glaskugel, sondern auch mit einer horizontalen Platte h h, welche man Teller nennt, aus Messing oder mattgeschliffenem Glas versehen, um darauf eine Glocke k (den Recipienten) setzen zu können. Es versteht sich, daß dieser Teller und der untere Rand möglichst eben abgeschliffen seyn müßen, um beim Auspumpen der Luft dicht aneinander zu schließen. Außerdem hilft man sich durchs Bestreichen mit Fett, oder durchs Dazwischenlegen eines befeuchteten ledernen Ringes. Da aber durch diese Mittel beim Auspumpen der Luftdunst unter die Glocke geführt wird so ist es, vorzüglich bei Versuchen wo es auf

Genauigkeit ankömmt, am besten, wenn der Teller und die Glocke selbst luftdicht zusammengeschliffen sind.

Nachdem die Luft ausgepumpt ist, schließt durch den Druck der atmosphärischen Luft die Glocke so fest an, daß man nicht mehr im Stande ist, sie weg zu heben. Um daher wieder Luft einzulassen muß die Communicationsröhre irgendwo mit einem Hahne versehen seyn. Um die Bewegung des Kolbens zu erleichtern, wird die Kolbenstange gewöhnlich mit Zähnen versehen, welche in eine Winde oder in ein Hebelwerk u. s. w. eingreifen.

Die Luftpumpe hat, seitdem sie von Otto v. Guerike im 17. Jahrhunderte erfunden worden ist, nach und nach sehr viele Veränderungen und Verbesserungen erhalten, so, daß wir jetzt verschiedene Arten von Luftpumpen haben, z B. die einstiefelige, und die zweistiefelige, mit Ventil, und mit Hahn, mit liegendem und mit stehendem Stiefel u. s. w. Die Luftpumpen mit einem Hahn statt des Ventils c im Boden des Stiefels haben den Vorzug, daß sie gewöhnlich eine größere Verdünnung der Luft zulassen, und durch eine besondere Einrichtung auch als Compressionspumpen dienen können; allein sie haben den Nachtheil, daß zwischen dem Hahn und dem Boden des Stiefels ein kleiner Raum übrig bleibt, welcher immer mit Luft von dem Drucke der Atmosphäre angefüllt ist, daher ein vollständiges Evacuiren des Recipienten unmöglich macht, deshalb nennen die Physiker diesen Raum den schädlichen Raum. Uebrigens kann der Hahnenpumpe leicht die Einrichtung gegeben werden, daß das Auf- und Abgehen der Kolbenstange selbst das Oeffnen und Schließen des Hahnes verrichtet. Bei den meisten neuern Luftpumpen befindet sich noch die sogenannte Barometerprobe, oder der Elasticitätszeiger, d. h. ein Barometer welches ein einfaches oder ein zwei-

schenkliches auch nur einige Zoll hoch seyn kann, um aus dem Fallen oder Steigen des Queckſilbers den Grad der Luftverdünnung zu erkennen.*)

§. 120.

Saugpumpe. Wird der Kolben in einem verſchloſſenen Stiefel aufgezogen, ſo entſteht ein leerer Raum, den die äußere Luft auszufüllen ſtrebt um das äroſtatiſche Gleichgewicht wieder herzuſtellen, daher fährt ſie, ſobald Oeffnung gemacht wird, mit ziſchendem Geräuſche hinein. Geſchieht das Oeffnen des Stiefels unter Waſſer, ſo drückt die äußere Luft dieſes hinein und der Stiefel füllt ſich mit Waſſer. Dieſes geſchieht jederzeit ſogleich, ſobald der Stiefel, oder ſonſt ein Gefäß, mit einer Oeffnung in Waſſer taucht, und hierauf luftleer gemacht wird; wenn man z. B. eine offene Glasröhre ſenkrecht in eine tropfbare Flüſſigkeit taucht, und am obern Ende die Luft mit dem Munde ausſaugt, ſo füllt ſich die Röhre ſo lange mit der Flüſſigkeit bis das Gleichgewicht mit der äußern Luft wieder hergeſtellt iſt. Darauf beruht der Saugheber. Geſchieht dieſes Emporziehen einer Flüſſigkeit mittelſt eines Kolbens, ſo iſt dieß eine Saugpumpe. Das einfachſte Saugwerk iſt die gemeine Handſpritze. Iſt die Spitze derſelben hinreichend enge, ſo wird der Stiefel ganz mit Waſſer gefüllt ſeyn können,

---

*) Es iſt hier der Ort nicht die Luftpumpe und die verſchiedenen Arten derſelben genau zu beſchreiben. Man leſe deßhalb Geylers phyſikal. Wörterbuch; Lichtenbergs Magazin. Bd. III. St. 3. S. 107. Gilberts Annalen d. Phyſ. Bd. I. S. 379. Bd. IV. S. 128. Bd. VI. S. 1. Bd. XXII. S. 96. Bd. XXIII. S. 363. Bd. XLII. S. 387. Bd. XLIV. S. 144. Bd. LXXI. S. 104.

ohne daß an der Luft etwas davon ausfließt, was von dem Drucke der Atmosphäre herrührt; drückt man aber den Kolben wieder in den Stiefel hinein, so spritzt das Wasser mit einer Gewalt heraus, welche mit der Enge der Oeffnung und mit der drückenden Kraft im Verhältnisse steht.

Will man das Wasser mittelst eines Saugwerks zu einer größern Höhe emporheben, und es beim Zurückdrücken des Kolbens nicht mehr durch die Oeffnung, wodurch es eingedrungen war, zurücktreiben, sondern an einer andern Stelle zum Ausfluß bringen, so muß der Stiefel mit dem Kolben die Einrichtung wie bei der Luftpumpe (Fig. 85.) haben; der Kolben ist nämlich durchbohrt, und wie der Boden des Stiefels mit einem aufwärts sich öffnenden Ventil versehen, damit, wenn ersterer aufwärts gezogen wird, letzterer durch die Oeffnung des untern Ventils sich mit Wasser füllt, beim Niederdrücken aber dasselbe wieder geschlossen, das Kolbenventil hingegen aufgedrückt und so die Flüssigkeit über den Kolben hinauf getrieben wird. Die gemeine Wasserpumpe stellt eine solche Saugpumpe dar. Es ist nicht nöthig, daß das Bodenventil des Stiefels unmittelbar mit der Wasserfläche in Berührung stehe, es kann zwischen beiden ein Raum von 20 bis 30 Fuß Höhe seyn, und diesen Theil der Saugpumpe nennt man die Saugröhre. So lange sich diese noch nicht völlig mit Wasser gefüllt hat verrichtet nämlich die Saugmaschine die Dienste einer Luftpumpe, indem beim fortgesetzten Pumpen zuerst die Luft aus der Saugröhre ausgezogen wird. Die äußere Luft, welche auf den Wasserspiegel außerhalb der Saugröhre drückt, macht, daß das Wasser beim Auspumpen der Luft darin aufsteigt, und endlich bis zum Kolbenventil herausdringt. Da aber die atmosphärische Luft nur einen Druck wie eine 32 Fuß hohe Wassersäule ausübt (§. 124.) so ist die Höhe,

zu welcher das Wasser in der Saugröhre gehoben werden kann, nur auf 20 bis 30 Fuß über den Wasserspiegel außerhalb der Röhre beschränkt. Ueber das Kolbenventil kann das Wasser zu jeder beliebigen Höhe gehoben werden, wenn hinreichende Kraft vorhanden ist, womit der Kolben aufwärts gezogen wird.

Wird das obere Ventil nicht im Kolben, sondern unterhalb desselben seitwärts im Stiefel selbst, und an dieser Stelle eine andere Röhre — die Steigröhre — angebracht, so ist es einleuchtend, daß beim Niedergehen des Kolbens dieses Ventil aufgedrückt und das Wasser aus dem Stiefel in die Steigröhre getrieben werden muß. Eine auf diese Weise modificirte Maschine heißt man eine Druckpumpe. Ist das Ganze fest construirt, und sowohl mit einer hinreichenden Druckkraft als auch einem fortwährenden Wasserzuflusse in Verbindung, so kann die Flüssigkeit in der Steigröhre zu einer bedeutenden Höhe fortgedrückt werden. Alle Wasser- und Sohlen-Hebmaschinen in den Bergwerken und Salinen, die Wasserkünste, Feuerspritzen u. dgl. beruhen auf Saug- und Druckpumpe.

§. 121.

Heber. Unter Heber versteht man eine ungleichschenklich gebogene Röhre (Fig. 90.), welche mit dem kürzern Schenkel a in eine Flüssigkeit getaucht, und am längern b durchs Aussaugen luftleer gemacht wird, bis sich der ganze Heber mit der Flüssigkeit gefüllt hat, worauf diese aus dem längern Schenkel b zu fließen anfängt und so lange fortfließt, bis die Oberfläche der Flüssigkeit bis auf den Punkt a herabgesunken und der kürzere Schenkel nicht mehr eingetaucht ist. Um das Aussaugen der Luft zu ersparen und den Mund nicht mit der Flüssigkeit zu benetzen, braucht man nur die

Oeffnung des längern Schenkels zu verschließen und durch den kürzern den ganzen Heber mit der Flüssigkeit durchs Eingießen zu füllen; nach dem Eintauchen und Oeffnen wird der Heber gleichfalls auf die angegebene Weise wirken. Auch kann man den längern Schenkel nahe an seiner Mündung mit einer andern aufwärts gehenden Röhre versehen, durch welche sich, nachdem der kürzere Schenkel eingetaucht und der längere verschlossen ist, der Heber durchs Aussaugen der Luft mit der Flüssigkeit füllen läßt, ohne daß der Mund davon benetzt wird. Bei großen Hebern kann man die beiden Mündungen auch mit Hähnen versehen und an der Wölbung der Röhre bei c einen Trichter anbringen, um durch denselben beide Schenkel zu füllen; es versteht sich, daß auch dieser Trichter mit einem Stöpsel oder Hahn luftdicht zu verschließen seyn muß.

Um die Wirkung des Hebers zu erklären, muß man wissen, daß die Atmosphäre auf die Flüssigkeit einen Druck ausübt, welcher einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe gleichkömmt, und daß demnach in einer luftleer gemachten mit dem offenen Ende eingetauchten Röhre die Flüssigkeit bis auf eine Höhe von beinahe 32 Fuß steigen könne. Ist nun die luftleergemachte Röhre heberförmig gebogen, so läßt sich leicht einsehen, daß sich beide Schenkel mit der Flüssigkeit füllen müßen. Setzen wir nun d e (Fig. 90.) sey die Oberfläche der Flüssigkeit, in welche der Schenkel a c getaucht wäre, und denken wir uns den Schenkel b c bis e abgekürzt und ebenfalls in die Flüssigkeit tauchend, so würden beide Schenkel mit Flüssigkeit gefüllt, und alles in Ruhe bleiben, weil der Druck der Luft überall gleich wirkte. Verlängern wir aber den Schenkel außerhalb der Flüssigkeit bis b und versehen ihn da mit einer aufwärtsgehenden feinen Spitze,

so wird die Flüssigkeit, nachdem der Heber luftleer gemacht ist, nach den hydrostatischen Gesetzen zu der feinen Oeffnung b herausdringen und einen Springbrunnen bilden, welcher — den Wiederstand der Luft weggedacht — bis beinahe zu f, d. h. bis zur Höhe der Flüssigkeit empordringen würde. Geht aber die Mündung des Schenkels c b abwärts, so wirkt nicht nur der Luftdruck, welcher auf d e größer ist als auf die Mündung b weil die Höhe d c e bereits überwunden ist, sondern auch die Schwere der Flüssigkeit, welche zur äußern Mündung herausdringt.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, daß die Wirkung des Hebers unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre nicht über 32 Fuß hoch gehen, bei aufgehobenen Luftdrucke aber, wenn z. B. der kürzere Schenkel in eine mit Wasser gefüllte Flasche luftdicht eingekittet wäre, gar nicht statt finden könnte.

§. 122.

Dampfmaschine. Die wichtigste Anwendung, welche von der Elasticität der Wasserdämpfe gemacht wird, besteht darin, daß man durch ihre Kraft Maschinen in Bewegung setzt und erhält. Die Wasserdämpfe haben nämlich bei einer gegebenen Temperatur eine bestimmte Elasticität, welche bei sehr gesteigerter Hitze einen ungeheuren Grad erreicht, was sich aus Folgendem abnehmen läßt. Erhitzt man in einem Glasballon genau so viel Wasser bis zu + 60° C daß bei dieser Temperatur alles verdampft ist, so haben die Dämpfe eine Spannung von 144,66 Millimeter Queckfilberhöhe. Erhitzt man diese Dämpfe noch weiter bis auf + 100° C so wird die Spannung 166,36 seyn. Ist aber in dem Ballon bei dieser Temperatur noch verdampfendes Wasser vorhanden, so werden die Dämpfe eine Spannung von 760 Milli-

meter haben u. s. w.*) Es wächst also die Elasticität der über einer hinreichenden Menge Wasser sich bildenden Dämpfe mit der Temperaturerhöhung in einem größern Verhältnisse als jene der Gasarten. Bei fortgesetzten Erhitzen des eingesperrten Wassers wird also durch Vermehrung der Dämpfe und ihrer Elasticität die Kraftäußerung so sehr gesteigert, daß es kein Gefäß giebt, welches mit Wasser gefüllt in der Hitze nicht zersprengt werden könnte.

Denken wir uns nun einen mit kochendem Wasser gefüllten und von allen Seiten geschlossenen Kessel, welcher oben in einen Stiefel ausgeht, in welchem sich ein luftdicht eingeriebener Kolben befindet, denken wir ferner die Kolbenstange in beweglicher Verbindung mit einem Hebel, oder mit der Kurbel einer Welle u. dgl.; denken wir endlich noch dazu, daß der Stiefel wie bei der Compressionspumpe oben eine Oeffnung zur Entweichung der Dämpfe, oder zur Einspritzung kalten Wassers habe, sobald der Kolben darüber hinaufgegangen ist, so haben wir eine Dampfmaschine nach der ältern Einrichtung. Es ist nämlich leicht einzusehen, daß die heißen Dämpfe, welche im Kessel erzeugt werden, durch ihre Elasticität den Kolben mit großer Gewalt und Schnelligkeit im Stiefel emporschieben werden, und daß, sobald derselbe an eine bestimmte Stelle gekommen ist, durch bewirkte Auslassung oder Abkühlung der Dämpfe plötzlich ein leerer Raum im Stiefel entstehen muß, und daß mithin die atmosphärische Luft den Stempel zurück drücken muß. Denken wir uns nun dieses Spiel des Vorwärts- und Rückwärtsgehens des Kolbens gleichmäßig fortgesetzt, so ist es nicht mehr schwer zu begreifen, daß dadurch jede zusammen-

*) Man sehe hierüber die angehängte zwölfte Tabelle.

gesetzte Maschine, welche mit der Kolbenstange in Verbindung ist, in Bewegung erhalten werden kann. Man benützt daher jetzt beinahe in allen Ländern, da wo man kein Wassergefäll als bewegende Kraft benützen kann, wo die Kraft des Windes zu schwach und zu ungleich wirken würde, und wo die Muskelkraft der Menschen oder Thiere zu kostspielig oder unzureichend ist, zu Wasser und zu Land die Kraft der Wasserdämpfe um damit Mühlen, Schneid-, Hebe-, Hammer- und Stoßwerke, Spinnereien und Webereien, Wagen und Schiffe 2c. zu bewegen.

Es gehört nicht hieher die verschiedenen Arten und Anwendungen der Dampfmaschinen zu beschreiben; *) nur so viel will ich im Allgemeinen hinsichtlich der von Watt verbesserten Construction noch bemerken: Die wesentlichen Theile einer Dampfmaschine sind 1) der Dampfkessel von Eisen oder Kupfer worin Wasser in Dampf verwandelt wird; 2) ein nach außen sich öffnendes, und hinreichend belastetes Sicherheitsventil, welches dazu dient, den Dämpfen einen Ausweg zu verschaffen im Falle sie durch zu starke Erhitzung eine zu große Spannung erhalten, um den Dampfkessel vor dem Zersprengen zu sichern; 3) der Stiefel, welcher horizontal oder senkrecht mit dem Dampfkessel in Verbindung steht, und in welchem sich der Kolben befindet. Dieser Stiefel oder Cylinder steht bei den meisten Dampfmaschinen mit dem Kessel so in Verbin-

---

*) Man lese darüber unter andern Grens neues Journ. d. Physik. Bd. I. S. 62. Gilberts Ann. Bd. XVI. S. 129 und 336. Bd. XXI. S. 456. XXII. 124. XXIII. 85. LV. 277. LXVII. 49. LXXV. 119 und 343. Jahrbücher des polytechnischen Instituts in Wien I. 114. Poppe Encyklopädie des gesammten Maschinenwesens I. 635.

dung, daß die Dämpfe abwechselnd vor und hinter dem Kolben drücken können. Während sie vor demselben eindringen öffnet sich hinten ein Ventil, welches die daselbst befindlichen Dämpfe in eine Kühlvorrichtung (Condensator) entweichen läßt, wo sie zu Wasser verdichtet werden, um dadurch im Stiefel hinter dem Kolben einen fast luftleeren Raum zu hinterlassen. Der Kolben wird also von den vorne eindringenden Dämpfen zurück gedrückt. Ist dieß geschehen, so öffnet sich das Ventil zum Condensator im vordern Theile des Stiefels; es entsteht auf dieselbe Weise durch Condensation der Dämpfe ein leerer Raum, während die Dämpfe aus dem Kessel hinter dem Kolben eindringen und ihn wieder vorwärts drücken u. s. w. Man ist gewohnt die Kraft einer Dampfmaschine nach jener der Pferde zu schätzen; und es giebt, vorzüglich in England Dampfmaschinen welche mit einer Kraft von 70 bis 90 Pferden arbeiten.

§. 123.

Atmosphäre. Die elastischen Flüssigkeiten, obgleich sie sich nach allen Seiten auszudehnen und die leeren Räume auszufüllen streben, folgen dessen ungeachtet den allgemeinen Gesetzen der Schwere (S. 207). Der Körper, gegen welchen die Luft Schwere besitzt, wird von allen Seiten davon umgeben, vorausgesetzt, daß die Luft ungehindert der Wirkung der Schwere folgen kann. Diese Umgebung eines Körpers mit Luft oder Dampf heißt Atmosphäre, Luftkreis, oder Dunstkreis. Demnach dringen die elastischen Flüssigkeiten in die leeren Zwischenräume der porösen Körper und erfüllen sie überall, wo sie einzudringen vermögen, oder wo die Zwischenräume nicht schon mit einer andern schwerern Substanz ausgefüllt sind.

Auch muß die Luft in den leeren Zwischenräumen des

mit einer Atmosphäre umgebenen Körpers, nach den Gesetzen der Schwere, dichter seyn als auf der Oberfläche, und hier wieder dichter als in der Entfernung, weil die untern Schichten das Gewicht der obern zu tragen haben, mithin vermöge ihrer Elasticität davon zusammengedrückt, und nach dem Mariotteschen Gesetze (§. 113.) um so dichter werden, je höher die auf ihnen ruhende Luftsäule ist. Bei den kleinen Portionen eingesperrter Luft- und Dampfarten, womit wir gewöhnlich experimentiren, ist dieser Unterschied in der Dichtigkeit freilich so unbedeutend, daß wir ihn nicht in Anschlag bringen können, allein bei der Höhe der Atmosphäre, welche unsere Erde umgiebt, ist der Unterschied der Dichtigkeit in den verschiedenen Luftschichten allerdings sehr beträchtlich.

Denken wir uns also die Atmosphäre in ihrer ganzen Höhe, aus unendlich vielen horizontalen Luftschichten zusammengesetzt oder Luftsäulen bildend, so finden wir, daß die Dichtigkeit der einzelnen Schichten nach oben in einem geometrischen Verhältniße abnimmt, während die Höhe, in welcher sie sich befinden, in einem arithmetischen Verhältniße zunimmt.

Wir wollen hier die irdische Atmosphäre etwas näher in Betracht ziehen, und zwar zunächst hinsichtlich ihrer Dichtigkeitsverhältnisse.

Vergleicht man das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft bei o R. Temperatur und bei einem Barometerstande von 28 Zoll mit jenem des Wassers, so ist dasselbe 0,0012989. Jeder Kubikzoll der atmosphärischen Luft wiegt nach einer Mittelzahl 0,4681 Gran also nicht völli $\frac{1}{2}$ Gran. Die Luft ist folglich über 800 mal leichter als das Wasser. Dieses gilt aber nur bei einem Barometerstande von 28 Zoll, denn in höhern Regionen, wo das Barometer tiefer steht, ist die Luft dünner und immer dünner und specifisch leichter je

höher man kömmt. Bis zu welcher Dichtigkeit sie sich, bei dem höchst möglichen Grad von Kälte und Compression, bringen läßt, wissen wir noch nicht. Auch über den Zustand der höchsten Verdünnung wissen wir nur so viel, daß, wenn die Luft in einem Recipienten auch mit der besten Luftpumpe ausgepumpt wird, der rückständige Raum doch nie vollkommen luftleer gemacht werden kann. Dasselbe gilt auch von der Ausdehnung durchs Erhitzen; in beiden Fällen kann das kleinste Bläschen Luft zu einem ungeheuer großen Volumen ausgedehnt werden, und in dem sogenannten luftleeren oder luftverdünnten Raume, ist das darin vorhandene Minimum von Luft gleichartig ausgebreitet.

Anmerkung. Nach dem Mariotteschen Gesetze muß die Dichtigkeit der Atmosphäre mit der Entfernung von der Erdoberfläche stets abnehmen, aber nie ganz verschwinden.

Nach dem Gravitationsgesetze aber muß sie begrenzt seyn. Ihre Höhe läßt sich aber, nicht mit Gewißheit angeben. Schmidt berechnet nach dem Grundsatze, daß die Grenze der Atmosphäre da liege, wo ihre spec. Elasticität mit der Schwere ins Gleichgewicht kömmt, ihre Höhe auf 27,5 Meilen unter dem Aequator und 27,1 Meilen unter den Polen. Andere Physiker berechnen diese Höhe nach dem Grade der größten Verdünnung, deren die Luft unter der Luftpumpe fähig ist, nur auf 8 Meilen (Hube); und wieder andere nach der Fähigkeit die Lichtstrahlen zu reflectiren. Nach dem letztern Principe berechnet sie Delambre auf beinahe 10 Meilen. Wahrscheinlicher ist es, daß die Atmosphäre keine solchen Grenzen hat, sondern nach dem Mariotteschen Gesetze immer mehr und mehr abnimmt, bis sie so dünne wird, daß sie nicht uehr vor-

handen zu seyn scheint, und dies so weit, bis sie an den Grenzen anderer Weltkörper wieder verdichtet wird und um diese, nach der Größe ihrer Massen, mehr oder weniger dichte Atmosphären bildet, wie um die Erde. Astronomen haben zwar Einwendungen dagegen gemacht, weil sie glauben, daß die Luft, wenn sie auch noch so sehr verdünnt wäre, die regelmäßige Bewegung der Weltkörper stören würde, allein dieser Einwurf scheint keinen hinreichenden Grund zu haben, wenn man bedenkt, daß sich nicht nur die Welten sondern auch ihre Atmosphären mit ihnen bewegen bis an die Grenzen ihrer unglaublichen Verdünnung, wo sie wie unsichtbares ätherisches Räderwerk in einander eingreifen, und die Regelmäßigkeit der Bewegungen begründen helfen.

Unsere irdische Atmosphäre enthält nicht nur Luft, sondern bis zu einer gewissen Höhe auch Wasserdampf. Dieser ist aber nicht in ersterer sondern im Wärmestoffe aufgelöst und selbstständig vorhanden, und zwar so, daß, wenn unsere atmosphärische Luft aufhörte zu seyn, die Erde dessen ungeachtet mit einer Atmosphäre von Wasserdampf umgeben wäre. Die Menge des Wasserdunstes in der Luft ist aber sehr ungleich, im Sommer, überhaupt bei warmen Wetter, größer als im Winter; auch in der Nähe von Seen, Morästen und Flüssen größer als in trockenen Gegenden.

Da die Wärme das Verdunstungsmittel des Wassers ist, und der Dampf als eine Verbindung des Wassers mit Ueberschuß von Wärmestoff angesehen werden kann, da ferner in der Nähe der Erde die Luft wärmer ist als in höhern Regionen, so läßt sich leicht begreifen, daß in Thälern und Niederungen die Luft in der Regel mehr Wasserdampf enthält, mithin feuchter ist, als auf Bergen und in Hochlän-

dern; und da in höhern Regionen, die Luft kälter ist als dort, wo das Wasser verdampfte, so ist die natürliche Folge davon, daß oben ein großer Theil des Wasserdunstes wieder condensirt wird, zuerst zu äußerst feinen Wasserbläschen, welche uns als Wolken erscheinen, und dann, wenn diese noch mehr abgekühlt oder verdichtet werden, zu Thau, Regen, Reif, Schnee oder Hagel.

Wenn der Wasserdampf eine chemische Verbindung des Wassers mit Ueberschuß von Wärme ist, so muß bei der Verdampfung des Wassers ein Theil der freien Wärme gebunden werden, und Kälte entstehen. Dieses empfinden wir auch jederzeit und überall wo viel Wasser von der Oberfläche der Erde verdampft; daher ists auf dem Meer, auf Flüssen und in feuchten morastigen Gegenden kälter als in trocknen Ländern. Diese Verdunstungskälte ist auch Ursache der Nebel, welche wir in feuchten Gegenden wahrnehmen, während die Luft in trocknen Gegenden helle ist, indem durch diese Verdunstungskälte sogleich wieder ein Theil des während der wärmern Tageszeit verdunsteten Wassers zu feinen Bläschen condensirt wird. Nebel sind also überhaupt nichts anderes als Wolken in Berührung der Erdoberfläche.

Die Höhe, in welcher sich der Wasserdampf zu Wolken condensirt, ist sehr verschieden; in heißen Ländern scheint sie weit beträchtlicher zu seyn als in gemäßigten und kalten Ländern. Nach Hrn. v. Humboldt beträgt im Allgemeinen die Höhe der niedrigsten Wolken 3690 Fuß, der höchsten 10000 bis 11000 Fuß. Nach Lamberts Messungen hatten die niedrigsten Wolken 7308 die höchsten 15000 bis 20000 Fuß Höhe. Gay-Lussac sah aber bei einer Luftfahrt zu Paris noch in einer Höhe von 21476 Fuß Wolken über sich.

Da die Erde durch ihre Axendrehung immer nur zum Theil von der Sonne erwärmt wird, und da sich die Luft

durchs Erwärmen ausdehnt beim Erkalten aber wieder zusammenzieht, da endlich auch der Mond nicht ohne Einfluß darauf ist, so unterliegt unsere Atmosphäre fortwährenden regelmäßigen Strömungen, und wir bemerken in ihr, wie am Meere, Ebbe und Fluth. Diese regelmäßigen Luftströmungen finden aber nur zwischen den Wendekreisen statt, man nennt sie Passatwinde. Sie entstehen hauptsächlich dadurch, daß die von der Erdoberfläche emporsteigende warme Luft durch kältere ersetzt wird, welche von den Polargegenden herbeiströmt. Andere regelmäßige Winde, entstehen auf Inseln und in der Nähe derselben auch dadurch, daß das feste Land stärker erwärmt wird als das Meer, welches den größten Theil der Lichtstrahlen wieder zurückwirft ohne sie in Wärme zu verwandeln. Die wärmere Landluft steigt also fortwährend empor, während die kältere Seeluft von allen Seiten nachdringt, und die erhitzte Erde wieder abkühlt. Während der Nacht kühlt sich hingegen die unebene Oberfläche der Erde schneller ab, als der Spiegel des Meeres, daher weht dann der Wind vom Lande weg. Diese Winde heißen Land- und Seewinde. Außerdem giebt es aber noch verschiedene andere Ursachen, welche verschiedene unregelmäßige Luftströme (Luftzüge, Winde, Stürme) verursachen, z. B. Gebirge und Wolken, indem sie die Lichtstrahlen auffangen und dadurch eine ungleiche Erwärmung der Luft veranlassen; Gewitter und Regen, indem dadurch theils Wolken als Regen, Schnee und Hagel niederfallen und so Luftströmungen verursachen, theils Verdampfung des Wassers von der befeuchteten Erdoberfläche, mithin Verdunstungskälte erfolgt, welche gleichfalls das aerostatische Gleichgewicht aufhebt. Auch aus dem Innern der Erde scheinen bisweilen Luftströme zu kommen. Diese unregelmäßigen Winde wehen außerhalb der Wendekreise nach allen Himmelsgegenden,

und sind an Stärke und Schnelligkeit sehr verschieden. Einige Landwinde, z. B. der Harmattan auf der Westküste von Afrika, der Sirocco in Italien und auf Sicilien, der Chamsin oder Samum in Egypten führen entweder sehr feinen Staub mit sich, oder sind so warm und mit Wasserdunst so sehr angeschwängert, daß die natürliche Ausdünstung der Menschen und Thiere dadurch gestört wird, weßhalb sie Krankheit erzeugen. Außerdem aber sind die Winde sehr heilsam, indem sie die ungleiche Erwärmung oder Erkältung mäßigen, die Luft in einer gleichen Mischung erhalten, und schädliche Dünste zerstreuen.

Die atmosphärische Luft ist, abgesehen von ihrem Wassergehalte, nicht einfach; denn sie läßt sich in zwei verschiedene Gasarten, nämlich in Sauerstoff und Stickstoff zerlegen. Durch Verbrennungen, durch verschiedene chemische Veränderungen, welche auf der Erde vorgehen, durch das Keimen und Wachsen der Pflanzen, durch das Athmen der Thiere und durch Gährung wird sie fortwährend zerlegt, indem der Sauerstoff von den brennbaren Körpern gebunden und der Stickstoff frei gemacht wird. Dadurch entstehen gleichfalls Störungen des Gleichgewichts und Luftströme. Am Auffallendsten ist dies beim Verbrennen des Holzes und der Kohlen in den Oefen. Die ihres Sauerstoffes zum Theil beraubte und durch die Glut erhitzte und ausgedehnte Luft strömt aufwärts, die kältere und dichtere Luft hingegen strömt von unten nach, und erhält so das Feuer, indem sie im Durchziehen fortwährend Sauerstoff abgiebt und dasselbe anfacht. Darauf beruht die Einrichtung der Oefen, der argandischen Lampen u. s. w. Je heftiger der Luftzug ist, desto mehr Sauerstoff wird an das Brennmaterial abgegeben, desto schneller und vollkommener wird das Brennen, und desto größer die erzeugte Hitze seyn; daher sucht

man durch Luftkanäle, Windöfen, Blasbälge den Luftzug zu vermehren.

Was die übrigen Eigenschaften der atmosphärischen Luft, und die Veränderungen und Erscheinungen, welche in ihr vorgehen, betrifft, so macht das Studium derselben eine eigene Doctrin von besonderer Wichtigkeit aus, welche man Meteorologie, oder Atmosphärologie nennt.*)

Zu den wichtigern meteorologischen Instrumenten gehören außer dem Thermometer (Wärmemesser), das Barometer, das Manometer, der Aerostat, das Anemometer und das Hygrometer. Da sie auch bei andern physikalischen Versuchen angewendet werden, so wollen wir sie etwas näher betrachten.

§. 124.

Barometer. Die Atmosphäre drückt vermöge ihres Gewichtes an allen Punkten, welche von dem Mittelpunkte der Erde gleichweit entfernt sind, mit gleicher Schwere. Dieser Druck beträgt nach der Höhe der Luftsäule, mehr oder weniger, ist also in Tiefen größer und auf hohen Bergen geringer. Daß wir diesen Luftdruck, unter welchem wir leben, nicht fühlen, kömmt daher, weil er von allen Seiten gleich-

---

*) Das Neueste und Ausführlichste hierüber ist: Kästners Handbuch der Meteorologie, in zwei Bänden (wovon aber erst der erste Band erschienen ist). Erlangen 1823. Auch Scholz hat in seinen Anfangsgründen der Physik das wichtigste der Meteorologie sehr lehrreich zusammengestellt. Besonders empfehlenswerth ist ferner in dieser Hinsicht die zweite Abtheilung von Munke's Anfangsgründen der Naturlehre, welche unter dem Titel: Anfangsgründe der mathematischen und physischen Geographie nebst Atmosphärologie, zu Heidelberg 1820 erschienen ist.

förmig wirkt, weil die in dem Körper eingeschlossene Luft dem äußern Luftdruck das Gleichgewicht hält, und weil wir von Jugend auf daran gewöhnt sind. Aus denselben Ursachen fühlt auch der Fisch in den Tiefen des Meeres nicht den ungleich größern Druck der auf ihm lastenden Wasser- und Luftsäule. Hebt man aber auf einen Theil des Körpers den Luftdruck auf, während er auf die andern Theile fortwirkt, dann wird er sehr merklich. Stellt man z. B. auf den Teller der Luftpumpe einen auf beiden Seiten offenen Cylinder, schließt ihn oben mit der flachen Hand und läßt hierauf die Luft auspumpen, so fühlt man, daß die Hand mit großer Kraft in den Cylinder hineingedrückt wird, weil der Gegendruck von unten aufgehoben ist. Aus derselben Ursache kann man eine Glocke, nach ausgepumpter Luft nicht mehr von dem Teller der Luftpumpe wegheben, weil sie von dem Gewichte der Luft fest niedergedrückt wird. Eben so bewirkt die Last der Luftsäule, daß eine Glastafel eingedrückt wird, wenn man damit einen Cylinder verschließt, aus welchem die Luft ausgepumpt wird. Auch ohne Luftpumpe läßt sich der Luftdruck zeigen, wenn man eine mit Queckfilber gefüllte Glocke senkrecht aus der Queckfilberwanne empor zu heben versucht, was selbst bei einer ziemlich kleinen Glocke großen Kraftaufwand erfordert, während die mit Luft gefüllte und auf Queckfilber gestellte Glocke leicht wegzuheben ist. Bei einer verhältnißmäßig größern Glocke wird der Luftdruck auch schon sehr merklich, wenn man sie mit Wasser gefüllt senkrecht aus dem Wasser emporheben will.

Füllt man eine auf einer Seite zugeschmolzene Glasröhre von 30 Zollen Länge ganz mit Queckfilber, verschließt die Oeffnung hierauf mit dem Finger und taucht sie umgekehrt in Queckfilber so weit ein, daß die äußere Luft nicht

eindringen kann, so wird beim Hinwegnehmen des Fingers das Queckſilber in der Röhre um ein Paar Zoll niederſinken, in einer Höhe von ungefähr 28 Zoll ſtehen bleiben, und im obern Theil der Röhre einen luftleeren Raum zurücklaſſen. Da Torricelli dieſen Verſuch zuerſt angeſtellt hat, ſo nennt man den über dem Queckſilber befindlichen luftleeren Raum „die Torricelliſche Leere.“ Es mag die Röhre auch beträchtlich länger, weiter oder enger ſeyn, ſo wird das Queckſilber darin, an der Oberfläche der Erde, und nicht viel über die Meeresfläche erhaben, unter den angegebenen Umſtänden immer in einer Höhe von 28 Zollen ſtehen bleiben. Macht man aber den Verſuch in einer beträchtlichen Höhe über der Meeresfläche, etwa auf einem Berge, oder trägt man die unten gefüllte und in Queckſilber getauchte Röhre hinauf, ſo wird man finden, daß das Queckſilber in der Röhre weniger als 28 Zoll Höhe einnimmt, und immer tiefer ſinkt, je höher man ſich damit über die Meeresfläche erhebt. Eben ſo ſinkt das Queckſilber in der Röhre, wenn man das Queckſilbergefäß, in welche ſie eingetaucht iſt, unter den Recipienten der Luftpumpe ſtellt, und hierauf die Luft auspumpt. Je mehr die Luft im Recipienten verdünnt wird, deſto tiefer ſinkt das Queckſilber, wenn auch die Höhe der Röhre weniger als 28 Zoll beträgt. Vermehrt man hingegen den Luftdruck, ſo wird das Queckſilber in der Röhre ſteigen. Alle dieſe Umſtände machen es einleuchtend, daß die Höhe der Queckſilberſäule dem Gewichte einer Luftſäule von gleichem Durchmeſſer und der Höhe der Atmoſphäre entſpricht, welche auf das Queckſilber drückt. Da nun eine Queckſilberſäule von der genannten Höhe und 1 Quadratzoll Grundfläche 12,42 Pfund wiegt, ſo iſt dies das Gewicht, womit die Atmoſphäre auf jeden Quadratzoll Oberfläche drückt; und man berechnet den Luftdruck auf jeden Qua-

dratfuß auf 1790 Pfund. Wenn nun der Körper eines erwachsenen Menschen eine Oberfläche von beiläufig 14 Quadratfuß Oberfläche darbietet, so lebt er unter einem Drucke von 14mal 1790, also 25060 Pfund. Dieses Gewicht ist aber nach den verschiedenen Zuständen der Luft sehr beträchtlichen Veränderungen unterworfen; bei heiterer ruhiger Luft vermehrt es sich, an trüben wolkigen und stürmischen Tagen hingegen wird es sehr vermindert; eben so ist es viel größer in tiefen, geringer hingegen in hohen Gegenden. Auf kränkliche Personen hat dieser Wechsel des Luftdruckes einen empfindlichen Einfluß; robuste Menschen aber werden davon wenig afficirt.

Wenn man das specifische Gewicht des Queckfilbers kennt, und weiß, wie hoch es in einer oben verschlossenen luftleeren Röhre von der atmosphärischen Luft gedrückt wird, so läßt sich leicht berechnen, wie hoch das Wasser oder jede andere Flüssigkeit von bekanntem specifischen Gewichte stehen würde. Nach Biot und Arrago ist das specifische Gewicht des eiskalten Queckfilbers 13,599, wenn das des Wassers mit 1,000 bezeichnet wird; steht also ersteres auf 28 Zoll, so würde letzteres auf 28 × 13,599 = 380,772 Zoll oder 31,730 Fuß stehen. Dieses stimmt auch mit den Beobachtungen überein, welche gezeigt haben, daß das Wasser in luftleeren Röhren durch den Druck der Atmosphäre nicht höher als auf 32 Fuß getrieben werden kann, während das Queckfilber nur 28 Zoll $\frac{8}{10}$ Lin. (altfranzös. Maß) hoch steht.

Da also mittelst dieser Queckfilbersäule der Druck oder die Schwere der Atmosphäre gemessen werden kann, so nennt man sie Barometer (βαρος Druck oder Schwere, und μετρέω ich messe) oder Baroscop, also Luftschwere-Messer oder Zeiger, indem man an der senkrecht stehenden

Röhre nur eine nach Zollen und Linien eingetheilte Skale anzubringen braucht, um die kleinsten Veränderungen in der Schwere der Luft zu erkennen.

Seit der Erfindung des Barometers durch Torricelli, hat dieses Instrument für die verschiedenen Zwecke, wozu es gebraucht wird, viele Veränderungen und Verbesserungen erhalten. Anfangs hat man ein größeres Gefäß unten an die Glasröhre gekittet, nachher fand man es bequemer, die Röhre selbst unten aufwärts zu biegen und statt des besondern Gefäßes eine offene Kugel anzublasen (Tab. VIII. Fig. 86), wie man dies bei den meisten gemeinen Barometern antrifft. Diese Barometer, an welchen die Röhre unten entweder in ein weiteres Gefäß taucht, oder mit letzterm ein Stück ausmacht, nennt man Gefäß- oder Kapsel-Barometer. Bei genauen Beobachtungen haben sie nur das Nachtheilige, daß das Queckfilber im Gefäße nicht immer dieselbe Höhe behält, indem es beim Steigen in der Röhre im Gefäße sinkt, beim Fallen hingegen im Gefäße sich erhebt, wodurch also die Messung unrichtig wird, wenn man die gedachte Differenz nicht in Anschlag bringt, weil die Queckfilberfläche in der Kapsel, worauf die Luftsäule drückt, als Nullpunkt der Barometerhöhe, verrückt wird. Genauen Instrumenten hat man daher die Einrichtung gegeben, daß die Skale oder die Barometerröhre selbst, auf und abwärts verschiebbar ist. Auch wird der Irrthum dadurch unmerklich, daß man das Gefäß im Vergleich mit der Röhre sehr weit macht, und zwar so, daß auch ein beträchtliches Fallen oder Steigen in letzterer, die Queckfilberfläche im Gefäße wenig verrückt.

Eine größere Genauigkeit giebt das Heberbarometer (Fig. 87.), welche aus einer zweischenklichen Röhre a b c d besteht, die bei a zugeschmolzen, bei d aber offen ist, und auf

dratfuß auf 1790 Pfund. Wenn nun der Körper eines erwachsenen Menschen eine Oberfläche von beiläufig 14 Quadratfuß Oberfläche darbietet, so lebt er unter einem Drucke von 14mal 1790, also 25060 Pfund. Dieses Gewicht ist aber nach den verschiedenen Zuständen der Luft sehr beträchtlichen Veränderungen unterworfen; bei heiterer ruhiger Luft vermehrt es sich, an trüben wolkigen und stürmischen Tagen hingegen wird es sehr vermindert; eben so ist es viel größer in tiefen, geringer hingegen in hohen Gegenden. Auf kränkliche Personen hat dieser Wechsel des Luftdruckes einen empfindlichen Einfluß; robuste Menschen aber werden davon wenig afficirt.

Wenn man das specifische Gewicht des Queckfilbers kennt, und weiß, wie hoch es in einer oben verschlossenen luftleeren Röhre von der atmosphärischen Luft gedrückt wird, so läßt sich leicht berechnen, wie hoch das Wasser oder jede andere Flüssigkeit von bekanntem specifischen Gewichte stehen würde. Nach Biot und Arrago ist das specifische Gewicht des eiskalten Queckfilbers 13,599, wenn das des Wassers mit 1,000 bezeichnet wird; steht also erstes auf 28 Zoll, so würde letzteres auf 28 × 13,599 = 380, 772 Zoll oder 31,730 Fuß stehen. Dieses stimmt auch mit den Beobachtungen überein, welche gezeigt haben, daß das Wasser in luftleeren Röhren durch den Druck der Atmosphäre nicht höher als auf 32 Fuß getrieben werden kann, während das Queckfilber nur 28 Zoll $\frac{8}{10}$ Lin. (altfranzös. Maß) hoch steht.

Da also mittelst dieser Queckfilbersäule der Druck oder die Schwere der Atmosphäre gemessen werden kann, so nennt man sie Barometer (βαρος Druck oder Schwere, und μετρέω ich messe) oder Baroscop, also Luftschwere-Messer oder Zeiger, indem man an der senkrecht stehenden

Röhre nur eine nach Zollen und Linien eingetheilte Skale anzubringen braucht, um die kleinsten Veränderungen in der Schwere der Luft zu erkennen.

Seit der Erfindung des Barometers durch Torricelli, hat dieses Instrument für die verschiedenen Zwecke, wozu es gebraucht wird, viele Veränderungen und Verbesserungen erhalten. Anfangs hat man ein größeres Gefäß unten an die Glasröhre gekittet, nachher fand man es bequemer, die Röhre selbst unten aufwärts zu biegen und statt des besondern Gefäßes eine offene Kugel anzublasen (Tab. VIII. Fig. 86), wie man dies bei den meisten gemeinen Barometern antrifft. Diese Barometer, an welchen die Röhre unten entweder in ein weiteres Gefäß taucht, oder mit letzterm ein Stück ausmacht, nennt man Gefäß- oder Kapsel-Barometer. Bei genauen Beobachtungen haben sie nur das Nachtheilige, daß das Queckfilber im Gefäße nicht immer dieselbe Höhe behält, indem es beim Steigen in der Röhre im Gefäße sinkt, beim Fallen hingegen im Gefäße sich erhebt, wodurch also die Messung unrichtig wird, wenn man die gedachte Differenz nicht in Anschlag bringt, weil die Queckfilberfläche in der Kapsel, worauf die Luftsäule drückt, als Nullpunkt der Barometerhöhe, verrückt wird. Genauen Instrumenten hat man daher die Einrichtung gegeben, daß die Skale oder die Barometerröhre selbst, auf und abwärts verschiebbar ist. Auch wird der Irrthum dadurch unmerklich, daß man das Gefäß im Vergleich mit der Röhre sehr weit macht, und zwar so, daß auch ein beträchtliches Fallen oder Steigen in letzterer, die Queckfilberfläche im Gefäße wenig verrückt.

Eine größere Genauigkeit giebt das Heberbarometer (Fig. 87.), welche aus einer zweischenklichen Röhre a b c d besteht, die bei a zugeschmolzen, bei d aber offen ist, und auf

die gewöhnliche Weise mit Queckſilber gefüllt wird. Dieſes Barometer hat zwei Skalen, die eine am längern und die andere am kürzern Schenkel, welche überall gleich weit ſind. Der Nullpunkt wird an einer beliebigen Stelle, etwa bei x und y in gleicher Höhe ſowohl am längern als auch am kürzern Schenkel angeſetzt. Bei vermehrtem Luftdrucke ſteigt das Queckſilber im längern Schenkel, während es im offenen kürzern um eben ſo viel fällt; bei vermindertem Luftdrucke hingegen findet das Gegentheil ſtatt. Um alſo den eigentlichen Barometerſtand zu finden, muß man zu der beobachteten Queckſilberhöhe im längern Schenkel (a b) vom Nullpunkte an gerechnet, ſo viele Linien u. ſ. w. dazurechnen als der Abſtand der Queckſilberoberfläche im kürzern Schenkel (c d) unter Null beträgt. Steht es aber im letztern über Null, ſo muß man dieſen Abſtand von der Queckſilberhöhe im längern Schenkel abziehen. Steht z. B. das Queckſilber im längern Schenkel auf 22 Zoll über Null, im kürzern hingegen auf 6 Zoll unter Null, ſo iſt der Barometerſtand $22 + 6 = 28$ Zoll. Um das doppelte Beobachten und Rechnen zu vermeiden, hat man dem Heberbarometer auch die Einrichtung gegeben, daß entweder die Skale oder die Röhre beweglich iſt, ſo daß man vor jeder Beobachtung den Nullpunkt der Skale an die Oberfläche des Queckſilbers im kürzern Schenkel bringen kann. Dieſes Heberbarometer ſteht wegen der gleichen Adhäſion des Queckſilbers im kürzern und längern Schenkel gewöhnlich etwas höher als das Gefäßbarometer, auch iſt es um die Hälfte weniger empfindlich als letzteres, vorausgeſetzt daß dieſes mit einem ſehr weiten Gefäß verſehen iſt.

Die übrigen Veränderungen, welche man an dem Barometer angebracht und nachher wieder aufgegeben hat, z. B. Morland's ſchiefliegendes, Hooke's Radbarometer,

Amontons conisches und Bernoullis rechtwinkliches Barometer, Prony's Barometer an einer Waage u. A. wollen wir hier mit Stillschweigen übergehen.

Ein gutes Barometer muß aus einer überall gleichweiten, wenigstens 2 Linien im Durchmesser haltenden, gereinigten und getrockneten Röhre und aus chemisch reinem Queckſilber, welches vor dem Einfüllen bis zum Kochen erhitzt und noch heiß in die Röhre gefüllt wurde, verfertiget werden, damit alle Luft und Feuchtigkeit entfernt, und der obere Raum über dem Queckſilber völlig luftleer sey. Leuchtet oder blitzt es im Finstern beim Schwanken in der torricelliſchen Leere mit elektriſchem Lichte, so iſt das Barometer nicht völlig luft- oder dampfleer, und das Queckſilber muß in der Röhre neuerdings ausgekocht werden. Am offnen Ende der Röhre muß es mit der Luft in hinreichender Communikation stehen; das Instrument soll genau senkrecht aufgehängt seyn, und vor jeder Beobachtung etwas geschüttelt oder mit der Hand geklopft werden, um die Adhäsion des Queckſilbers an das Glas überwinden zu helfen.

Die Skale muß genau, wenigstens bis auf Viertellinien eingetheilt seyn. Da bei den gewöhnlichen Beobachtungen das Queckſilber nie 30 Zoll erreicht und nicht unter 26 Zoll fällt, so wird gewöhnlich nur der obere Theil des Maaßstabes angebracht. Bei der Beobachtung muß das Auge dem höchsten Punkte des Queckſilbers genau gegenüber seyn, was man daran erkennt, wenn das Bild des Striches an der Skala, welcher der beobachteten Höhe entspricht, in dem Queckſilberspiegel der Röhre ganz horizontal erscheint. Da das Queckſilber eine convexe Oberfläche bildet, so bestimmt man seinen Stand nicht nach dem Rande am Glase, sondern nach dem höchsten Punkte der Convexität.

Bei genauen Barometerbeobachtungen muß man vor-

züglich auch auf die Temperatur des Queckſilbers Rückſicht nehmen, weil es ſich in der Wärme ausdehnt, und in der Kälte zuſammenzieht, und ſo in ſeinem Stande Veränderungen erleidet, die in Rechnung gebracht werden müßen; daher befeſtiget man an dem Brete der gewöhnlichen Barometer gerne auch ein Thermometer. (Fig. 87 t.) Der Eispunkt wird als Normaltemperatur angenommen, worauf alle Beobachtungen reducirt werden. Das Queckſilber vermehrt für jeden Reaumür'ſchen Grad Temperaturzunahme, ſein Volumen um $\frac{1}{4\,3\,3\,0}$, folglich für 80 Grade um $\frac{80}{4\,3\,3\,0}$; wenn alſo die eiskalte Queckſilberſäule im Barometer bei einem beſtimmten Luftdrucke 28 Zoll oder 336 Linien hoch iſt, ſo wird ſie bis zum Siedpunkte des Waſſers erhitzt, bei demſelben Luftdrucke $336 + (336 \times \frac{80}{4\,3\,3\,0}) = 342{,}20$ Linien, oder 28,517 Zoll hoch ſeyn. Iſt die Temperatur unter dem Eispunkte, ſo muß die nach der obigen Regel gefundene Zahl bei der Reduktion der beobachteten Höhe auf die Normaltemperatur hinzugezählt werden: z. B. die Temperatur des Queckſilbers ſey — 15° R. und die beobachtete Barometerhöhe 27 Zoll und 9 Linien, oder 333''' ſo wird die auf den Eispunkt reducirte Höhe $333 + (\frac{15}{4\,3\,3\,0} \times 333) = 334{,}2$ Linien betragen. Dieſe Reduktion heißt man die Berichtigung wegen der Temperatur des Queckſilbers.

Da verſchiedene Veränderungen, welche in der Atmoſphäre vorgehen, z. B. Luftelektricität, Wolken, Winde u. ſ. w. einen ſehr merklichen Einfluß auf die Schwere der Luft haben, ſo bedient man ſich des Barometers zu Wetterbeobachtungen, und man nennt es in dieſer Hinſicht auch Wetterglas. Durch die regelmäſſige Ebbe und Fluth, welche in der Atmoſphäre ſtatt findet, fällt und ſteigt das Barometer alle 24 Stunden ein paar mal regelmäßig, was vorzüglich zwiſchen den Wendekreiſen auffallend iſt; auf den

übrigen Theilen der Erde sind aber die unregelmäßigen Veränderungen überwiegend.

Zu den nützlichsten Anwendungen des Barometers gehört sein Gebrauch bei Höhenmessungen. Denn da die Luftsäule immer höher wird je tiefer man steigt, und dagegen immer kürzer, je höher man sich über die Meeresfläche erhebt, so muß auch im erstern Falle die Schwere der Luft zunehmen und das Barometer steigen, im letztern Falle aber mit abnehmender Schwere der Luft fallen; daher ist man im Stande mittelst des Barometers genau die Höhe oder Tiefe eines Orts über der Meeresfläche anzugeben. Zu diesem Zwecke hat man dem Barometer die Einrichtung gegeben, daß das Queckſilber gesperrt werden kann, um beim Transport die schwankende Bewegung in der Röhre zu verhindern; man nennt es dann Reisebarometer. Bei der Ortsveränderung eines jeden Barometers ist überhaupt darauf zu sehen, daß das zugeschmolzene Ende der Röhre abwärtsgekehrt stehe, und vom Queckſilber berührt werde, damit nicht durch falsche Wendungen Queckſilber zum offenen Ende herausdringe, und Luft die Torricellische Leere ausfülle.

Bei Höhenmessungen hat man anfangs den mittlern Barometerstand auf Bergen mit den Resultaten der trigonometrischen Messungen verglichen, nachher hat man von dem Gesetze ausgehend, daß die Höhen in einem arithmetischen Verhältnisse zunehmen, während der Druck der Luft in einem geometrischen Verhältnisse abnimmt, eigene Formeln zu Berechnung der Höhen nach den Abwägungen der Luftsäule mittelst des Barometers entworfen, und gegenwärtig besitzen wir sehr bequeme Tabellen um Höhen mit Hülfe des Barometers ohne weitläufige Rechnung bestimmen zu können.*)

*) Benzenbergs Beschreibuug eines einfachen Reisebarometers.

Man muß aber jederzeit auf die Temperatur Rücksicht nehmen, und aus mehrern Beobachtungen den mittlern Barometerstand ausziehen, oder den gleichzeitigen Barometerstand in der Tiefe und auf der Höhe kennen.

Auf gleiche Weise wie man Höhen nach Barometerbeobachtungen berechnen kann, ist man auch im Stande Tiefen, z. B. Schachte unter der Oberfläche der Erde mit Hülfe des Barometers zu messen. Man hat berechnet, daß wenn es einen 10 Meilen tiefen wasserleeren Schacht in der Erde gäbe, die Luft darin durch ihr eigenes Gewicht so sehr verdichtet seyn müßte, daß sie in einer Tiefe von 7 Meilen schon dichter als Wasser wäre, in einer Tiefe aber von 9 Meilen Zinn und in einer Tiefe von 10 Meilen Gold darauf schwimmen würde. Demnach ist die Luft nicht nur die dünnste Flüßigkeit, sondern nach Franklin's Ausspruch auch die dichteste Materie. Bei einem so starken Grad von Verdichtung, daß nicht nur Wasser sondern auch schwerere Körper darauf schwimmen würden, müßte wahrscheinlich eine Menge Wärme daraus frei werden. *)

Düsseldorf 1811. Tables barometriques par Bernhard de Lindenau. Leipz. 1809. Table barometrique portative, par Biot. Paris 1811. Tabellen für barometrische Höhenmessungen von C. Garthe. Gießen 1817.

*) Die Idee, daß die Sonne vermöge der ungeheuren Verdichtung ihrer Atmosphäre, die wir nach ihrer Größe und Masse füglich annehmen können, leuchte und erwärme, scheint nicht verwerflich zu seyn. (Vergl. Hoyer's Abhandl. über die Natur des Lichtes und der Sonne im Archiv des Apothekervereins im nördlichen Deutschland Bd. IV. S. 88. u. s. w.)

§. 125.

Manometer. Die atmosphärische Luft kann an irgend einer bestimmten Stelle hinsichtlich ihrer Dichtigkeit sehr veränderlich seyn, je nachdem verschiedene Ursachen darauf einwirken, z. B. Sonnenstrahlen, Wolken, aus der Erde aufsteigende Dünste, Kälte, Winde u. s. w. Um nun die relative Dichtigkeit der Luft zu bestimmen, hat Guerike ein eigenes Instrument erfunden, welches Manometer oder Dasymeter genannt wird. Es ist dieß nichts anderes als eine sehr empfindliche Wage, deren Wagebalken an dem einen Ende eine möglichst große hohle leichte Kugel, und am andern ein gleich schweres möglichst kleines Gewicht, am besten von massiven Platin im Gleichgewichte trägt. Das Manometer beruhet nämlich darauf, daß ein fester Körper in der Luft um so mehr an seinem absoluten Gewichte verliert je voluminöser er ist, oder um je mehr er Luft aus ihrer Stelle verdrängt, und je dichter dieselbe ist. Es läßt sich also leicht begreifen, daß die große hohle Kugel nur bei einem gewißen mittlern Grad der Luftdichtigkeit mit dem kleinen massiven Gewichte im Gleichgewichte bleiben kann, daß sie bei der Verdünnung der Luft fallen, bei der Verdichtung derselben hingegen steigen muß. Aus dem Gewichte welches im erstern Falle am andern Ende des Wagebalkens zugelegt oder im zweiten Falle weggenommen werden muß, läßt sich die relative Dichtigkeit der Luft bestimmen.*)

§. 126.

Aerostat. Wird eine Gas- oder Dampfart, welche specifisch leichter ist als die Atmosphäre, z. B. Wasserstoffgas

*) Lichtenbergs Magazin Bd. III. St. 4. S. 93. Grens Journ. Bd. IV. S. 172. Gilberts Annalen Bd. XXVII. S. 121.

oder erhitzte Luft in eine leichte bewegliche Hülle eingeschlossen, so steigt sie in der dichtern Atmosphäre so lange aufwärts, bis sie, wenn sonst kein Hinderniß entgegen ist, in eine Luftschicht kömmt, welche dem eingeschlossenen Gase sammt der Hülle an Dichtigkeit das Gleichgewicht hält. Darauf gründet sich die Erfindung der Aerostaten, welche man auch wegen ihrer eliptischen oder elipsoidischen Gestalt Luftbälle oder Luftballons nennt, und die Kunst der Aeronautik. (§. 6. S. 22.)

Es giebt zwei Mittel um einen Ballon mit specifisch leichterer Luft zu füllen und zum Aufsteigen zu bringen, nämlich 1) durch Ausdehnung der darin enthaltenen atmosphärischen Luft mittelst Feuer, oder 2) durch Füllen mit einer Gasart, welche bei der Temperatur der atmosphärischen Luft specifisch leichter ist als letztere. Dazu bedient man sich gewöhnlich des Wasserstoffgases, welches durch Zerlegung des Wassers mittelst Eisen oder Zink und Schwefelsäure erzeugt wird. Daß dieses Gas specifisch leichter ist als die atmosphärische Luft, läßt sich leicht zeigen, wenn man damit eine Seifenblase bildet, und diese in der Luft losläßt. Gewöhnlich steigt sie so lange aufwärts, bis sie zerplatzt. Eben so läßt sich durch einen leichten Versuch zeigen, daß die erhitzte Luft specifisch leichter ist als die kalte, wenn man an die beiden Enden eines Wagebalkens zwei hohle gleich schwere Papierkegel (Tuten) mit der Oeffnung abwärts gekehrt bindet, und unter den einem eine Lichtflamme hält, worauf er sogleich steigen wird.

Der Ballon wird — wenn er weiter nichts als sein eigenes Gewicht zu tragen und sonst keinen Zweck zu erreichen hat — im kleinen am besten aus Goldschlägerhäutchen, welche mittelst Hausenblasenauflösung zusammengeleimt werden, im Großen aber, um außer dem Ballon noch andere

Lasten in die Luft empor steigen zu lassen, aus Taffet verfertiget, welcher gehörig zugeschnitten, dicht zusammengenäht und mit Firniß aus Leinöl und Vogelleim überzogen seyn muß, um so gut als möglich luftdicht zu schließen. Der kleinste Taffetballon, den man ohne ihn mit etwas zu beschweren mit gewöhnlichem Wasserstoffgas gefüllt aufsteigen lassen kann, muß über 3 Fuß im Durchmesser haben. Ein Ballon von 20 Fuß Durchmesser hat Raum für 4190 Kubikfuß Wasserstoffgas und trägt, außer dem Ballon selbst noch 255 Pfund, das Gewicht der Schnüre und der Gondel zur Luftschiffahrt mit eingerechnet. Zur Erzeugung des Wasserstoffgases hat man auf jeden Kubikfuß desselben ungefähr 6 Unzen Eisen, 6 Unzen Schwefelsäure und 30 Unzen Wasser nöthig. Die Gasentwicklung geschieht in Tonnen, aus welchen das Gas mittelst verzinnter blechener Röhren in den aufgehängten Ballon geleitet wird. Einen solchen mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon nennen Einige auch eine Charliere zum Andenken an den Prof. Charles in Paris. (S. 22.)

Man kann sich statt des Wasserstoffgases auch des leichten Kohlenwasserstoffgases, welches bei der Verkohlung der Steinkohlen erzeugt wird, zur Füllung eines Aerostaten bedienen, allein da sich das specifische Gewicht dieses Gases zu jenem des reinen Wasserstoffgases verhält wie 559 zu 68, wenn jenes der atmosphärischen Luft zu 1000 gesetzt wird, so muß der Ballon für Kohlenwasserstoffgas beträchtlich größer seyn um zum Steigen zu kommen.

Der kleinste Aerostat von Goldschlägerhäutchen, den man mit Wasserstoffgas gefüllt kann steigen lassen, soll bei einem Durchmesser von 6 Zoll nicht mehr als höchstens 36 Gran wiegen, und wird im gefüllten Zustande nur ein Gewicht von 5 Gran Wasserstoffgas fassen, also im Ganzen 41 Gran wiegen. Da nun ein gleiches Volum atmosphäri-

scher Luft 50 bis 51 Gran wiegt, so ist der Aerostat um 10 Gran leichter als die Luft, und kann darin zu einer beträchtlichen Höhe emporsteigen.

Ein Aerostat, welcher durch Ausdehnung der darin enthaltenen atmosphärischen Luft specifisch leichter gemacht und dadurch zum Steigen gebracht werden kann, wird den Erfindern zu Ehren eine Montgolfiere genannt. Der Wohlfeilheit wegen verfertiget man denselben gewöhnlich aus zusammengeleimtem Papier, so daß er unten eine runde Oeffnung hat. Wird nun dieser Ballon senkrecht aufgehängt, und ein sehr flüchtiges Feuer von angezündetem Stroh oder Weingeist darunter gemacht, so dehnt sich durch die aufsteigende Hitze die Luft in dem Ballon so sehr aus, daß er schnell empor steigt; so wie sich aber die Luft nach und nach abkühlt und verdichtet fängt der Ballon wieder an nieder zu sinken. Um dieses zu verhindern, muß man eine Weingeistflamme darunter anbringen, welche von dem Ballon mit fortgetragen wird. Da aber eine solche Montgolfiere dadurch leicht in Brand geräth, so ist sie nicht nur für diejenigen, welche damit eine Luftschiffarth wagen, immer lebensgefährlich, sondern auch, indem sie brennend auf ein Haus niederfallen kann, feuergefährlich.

Man hat sich viele Mühe gegeben die Luftbälle nach Belieben lenkbar, wie Schiffe auf dem Meere, zu machen, allein der Erfolg ist, besonders rücksichtlich der horizontalen Richtungen, noch immer nicht ganz günstig ausgefallen.

§. 127.

Anemometer. **Um die Richtung der Luftströme (Winde) zu erkennen, hat man eine Vorrichtung erfunden, welche man Windzeiger, Anemoscop, Plagoscop nennt; es ist dieß die gewöhnliche Windfahne deren Axe mit einem**

starken eisernen Drath nach abwärts verlängert ist, und am untern Ende einen Zeiger trägt, welcher an der sogenannten Windrose, die an der Decke eines Zimmers angebracht ist, die Weltgegend zeigt, woher der Wind kömmt.

Um aber auch die Geschwindigkeit und Stärke der Winde zu messen, wurden andere Vorrichtungen ausgedacht, die Windmesser, Anemometer heißen, und von verschiedenen Einrichtungen sind, die sich aber alle in zwei Klassen bringen lassen, nämlich 1) in Anemometer mit Windflügeln, welche entweder einen Zeiger in Bewegung setzen oder nach jeder Umdrehung an eine Glocke anschlagen u. s. w.; 2) in Anemometer mit einer beweglichen Fläche um die Kraft und Geschwindigkeit des Windes aus dem Winkel zu bestimmen, um welchen die Fläche aus ihrer vertikalen Lage gebracht wird u. s. w.

Mäßige Winde legen in einer Secunde einen Weg von 10 bis 15 Fuß zurück, Stürme aber durchlaufen in derselben Zeit 40 ja 100 und noch mehr Fuß.

§. 128.

Hygrometer. Was die Feuchtigkeit der Luft betrifft, so müßen wir vor Allem zweierlei Zustände unterscheiden, in welchen das Wasser in der Luft verbreitet seyn kann, nämlich 1) als Dampf, wo es luftartig ist und nicht näsſet, so lange ihm nicht Wärme entzogen wird; und 2) als Nebel oder Wolken, wo es sich auch ohne Temperaturveränderung an trockne Körper absetzt und sie näsſet, wenn es auch so fein vertheilt ist, daß es nicht als Wasser vorhanden zu seyn scheint.

Es ist bereits (§. 123.) gesagt; daß die Wärme fähig sey ohne Mitwirkung der Luft, also auch in der Torricellischen Leere, Wasser in Dampf aufzulösen, welcher sich mit

allen Gasarten vermischen kann. *) Durch diese Vermischung wird die Luft um so viel schwerer, als der Dampf mehr als die Luft für sich wiegt, und folglich muß dieselbe auch eine um so viel höhere Queckſilberſäule tragen. Dieses lehrt uns eine bekannte Beobachtung am Barometer; so lange nämlich die Luft heiter ist, steht das Barometer gewöhnlich hoch, weil zu dem Gewichte der Luft noch jenes des Wasserdampfes kömmt der in ersterer unsichtbar enthalten ist. Sobald aber derselbe zum Theil ausgeschieden wird, und als Wolken, Nebel, Regen u. s. w. zu erscheinen anfängt, sinkt das Barometer, weil das Gewicht der Luft durch die Condensation des Wassers vermindert wird. Dieses läßt sich auch durch einen Versuch bestätigen: Man fülle eine an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre mit Queckſilber, stelle sie mit der Oeffnung abwärts in die pneumatische Queckſilberwanne, und lasse etwas trockne atmosphärische Luft oder irgend eine Gasart, welche möglichst trocken ist, in der Röhre aufsteigen, und bemerke den Stand des Queckſilbers. Hierauf befestige man ein kleines Stückchen Waschschwamm an einen feinen biegsamen Drath, benetze es mit Wasser oder mit sonst einer verdampfbaren Flüssigkeit, und schiebe den befeuchteten Schwamm durch das Queckſilber in die ehvor genau gemessene trockne Luft, und lasse denselben eine Weile in der Röhre. Nachdem man den Schwamm wieder herausgezogen, und die Röhre in die vorige Stellung gebracht haben wird, wird sich zeigen, daß das Queckſilber in der Röhre bedeutend gefallen ist,

---

*) Es giebt mehrere Substanzen, welche in Verbindung mit Wärmestoff in Dampfzustand übergehen, nämlich Alkohol, Aether, ätherische Oele, Clor, Jod, Schwefel, Phosphor u. s. w. wovon die Chemie handelt.

und zwar um so beträchtlicher, je mehr von der Flüssigkeit verdampft war, mithin mehr bei Aether und Alkohol als bei Wasser, weil erstere flüchtiger sind und bei gleicher Temperatur mehr Dampf bilden. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man zu dem Versuche Barometerröhren nimmt, und in der Torricellischen Leere Wasser, Alkohol, Aether u. s. w. verdunsten läßt.

So wie man sich also des Queckfilbers bedient, um den Druck der Atmosphäre zu messen, eben so haben wir daran auch ein Mittel, um aus der Höhe einer Queckfilbersäule die Expansivkraft oder Spannung verschiedener Dampfarten zu messen. Wenn also z. B. der Wasserdampf bei einer Temperatur von + 15° eine Queckfilbersäule von ½ Zoll oder genauer 12,837 Millimeter trägt, so sagt man, daß die Tension des Wasserdampfes bei + 15° Wärme ½ Zoll betrage. Die lehrreichsten Versuche hierüber verdanken wir dem Hrn. Dalton. Um die Elasticität der Wasserdämpfe bei bestimmten Temperaturen kennen zu lernen, ließ er in die Torricellische Leere eines Barometers Wasser steigen, erwärmte es dann bis zu einem gewißen Grad und bemerkte wie weit das Queckfilber herabgedrückt wurde.

Die angehängte zwölfte Tabelle giebt eine Uebersicht der Resultate dieser lehrreichen Versuche. Die Angaben dieser Tabelle sind nur so lange richtig, als von der verdampfenden Flüssigkeit noch eine hinlängliche Menge vorhanden ist, um die der Temperaturerhöhung entsprechende Dampfmenge liefern zu können. Ist nichts mehr zu verdampfen übrig, so dehnen sich alle Dämpfe bei weiterer Temperaturerhöhung so wie alle übrigen elastischen Flüssigkeiten gleichförmig für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers um 0,00375 und für jeden Grad nach Reaumür um 0,00470 aus.

Wenn die Temperatur der Luft, welche eine ihrer Wärme angemessene Menge Wasserdampf enthält, abnimmt, so verliert ein Theil des Dampfes seine Luftgestalt, und wird zu Nebel condensirt. Dieses sehen wir im Winter beim Ausathmen der mit Wasserdunst vermischten Luft. In einem warmen Zimmer sehen wir diesen ausgeathmeten Theil nicht, weil der Dampf in der Wärme aufgelöst bleibt; aber im Freyen, wo die Luft kälter ist, erscheint der aus den Lungen kommende ausgeathmete Dampf sogleich als Nebel, weil ihm ein Theil der Wärme von der äußern Luft entzogen wird. Dasselbe ist der Fall, wenn bei strenger Kälte das Fenster oder die Thüre einer geheitzten und bewohnten Stube geöffnet wird, auch da sehen wir sogleich einen Nebel entstehen, welcher von Außen in die Stube zu dringen scheint, aber eigentlich dadurch entsteht, daß die eindringende kältere Luft dem Dampfe im Zimmer Wärme entzieht, und somit einen Theil desselben als Nebel niederschlägt.

Ein gewißer Grad von Wärme kann nur ein bestimmtes Maximum von Dampf bilden und luftartig erhalten; kömmt dazu eine neue Portion Luft von einer höhern Temperatur deren Wärme gleichfalls mit Wasser gesättiget ist, so gleicht sich die Wärme aus, und ein Theil des Dampfes wird als Nebel niedergeschlagen, wenn auch die Temperatur der Luft beträchtlich hoch ist. Dieß sehen wir manchmal im Sommer, wenn die Wärme der Luft völlig mit Wasser gesättiget ist, wo dann die ausgeathmete noch wärmere und feuchtere Luft wie im Winter einen Nebel bildet. So bilden sich auch in den obern Regionen Wolken, wenn zwei Luftströme von verschiedener Temperatur sich berühren, wovon jeder eine seiner Wärme entsprechende Portion Wasser als Dampf enthält.

Wird ein sehr kalter Körper von warmer feuchter Luft berührt, so entzieht ersterer gleichfalls einen Antheil Wärme, und der darin aufgelöst gewesene Dampf schlägt sich nieder. Dieses sehen wir im Winter an den Fenstern und Wänden solcher Zimmer, deren Luft viel Wasserdunst enthält, wo sich dann die kalten Wände und Fenstertafeln mit Wassertropfen oder Reif belegen. Ist hingegen die Luft im Zimmer sehr trocken, so beschlagen sich die Fenster nicht, wenn auch der Temperaturunterschied sehr beträchtlich ist.

Die Ausdünstungen der Thiere und Pflanzen sind immer voll Wasserdampf, daher ist die Luft in bewohnten Zimmern und Ställen immer feuchter als in unbewohnten; eben so ist in unfruchtbaren Sandwüsten die Luft trockner als auf grünen Wiesen und Wäldern.

Es giebt verschiedene Körper, welche eine so große Anziehungskraft theils zur Wärme, und theils zum Wasser haben, daß sie im Stande sind den Dampf aus der Luft niederzuschlagen, so lange, bis sie mit Wasser gesättiget sind. Solche Körper nennt man hygroskopisch, und man bedient sich derselben um den Wasserdampf aus der Atmosphäre oder aus künstlichen Gasarten abzuschneiden und zu messen oder zu wiegen. Dahin gehören

1) alle kalten Körper; indem sie dem Dampfe Wärme entziehen, schlagen sie das Wasser als Reif oder in Tropfen nieder. Man bedient sich daher des kalten Wassers, des Eises oder Schnees, oder auch eines künstlichen erkältenden Gemisches, z. B. von Salmiak und Wasser oder Schnee, um gläserne oder metallne Gefäße damit zu umgeben, worin Dämpfe condensirt werden sollen. Werden z. B. marmorne Fußböden auch bei schönem Wetter feucht, so ist dieß ein sicheres

Zeichen, daß die Luft mit Dämpfen überladen ist, und daß es wahrscheinlich bald regnen wird.

2) Poröse Körper, z. B. starkgetrocknetes Mehl, ausgeglühter Sand, trockne Kohlen u. s. w. sind gleichfalls in einem hohen Grade hygroscopisch, indem sie den Wasserdampf an sich ziehen, das Wasser in ihre Zwischenräume aufnehmen, und so ihr Gewicht vermehren. Legt man daher ein solches Pulver auf die Schale einer empfindlichen Wage so kann man aus der Größe und Zeit der Gewichtszunahme leicht schätzen, ob die Luft feucht oder trocken ist.

3) Mehrere concentrirte Säuren, vorzüglich aber die concentrirte Schwefelsäure, wirken gleichfalls durch ihre große Verwandtschaft zum Wasser hygroscopisch.

4) Eben so die ätzenden Alkalien, vorzüglich das trockne Aetzkali und Aetznatron;

5) Auch einige Salze, z. B. der trockne salzsaure Kalk, die salzsaure Magnesia, der salpetersaure Kalk, die salpetersaure Magnesia, das essigsaure Kali u. s. w. sind durch ihre große Verwandschaft zum Wasser bekannt, indem sie den Dampf aus der Luft anziehen und nach und nach zerfließen. Wände, welche salpetersauren Kalk enthalten, werden daher feucht, wenn die Wärme der Atmosphäre mit Dämpfen überladen ist, und trocknen wieder aus, sobald die Luft so trocken ist, daß die Dampfbildung gut vor sich geht.

Man bedient sich dieser hygroscopischen Substanzen, um den Gehalt an Wasserdampf, oder die Feuchtigkeit der Luft zu bestimmen; und eine in dieser Absicht veranstaltete Vorrichtung nennt man Hygrometer oder Hygroscop.

Bei meteorologischen Beobachtungen kömmt es vorzüglich darauf an zu bestimmen, bis zu welchem Grade die

Wärme der Luft mit Wasserdampf gesättiget sey, d. h. bis zu welchem Thermometergrad die Atmosphäre abgekühlt werden kann, bis sich der Dampf daraus niederzuschlagen anfängt. Um dieß zu finden ist es am besten, man nimmt ein Thermometer, dessen Kugel von Stahl und mit einer gläsernen Thermometerröhre zusammengekittet ist. Die mit Queckſilber gefüllte Stahlkugel muß von außen gut polirt seyn. Sie wird in ein trocknes dünnes Häutchen gesteckt, welches kein Wasser annimmt, z. B. in Wachstaffet, und in kaltes Wasser getaucht. Sobald das Thermometer bis auf einen gewissen Grad gesunken ist, nimmt man es heraus, entfernt die Hülle und hält es in die Luft. Dieses wird so oft wiederholt, indem man das Thermometer immer mehr und mehr abkühlt, bis man sieht daß sich die trockne Metallkugel an der Luft mit Feuchtigkeit zu beschlagen anfängt. Da man nun aus Daltons Versuchen weis, wie viel Wasserdampf bei jeder Temperatur in einem gegebenen Raume enthalten seyn kann, so läßt sich daraus leicht berechnen, wie weit die Wärme der Luft mit Wasserdampf gesättiget ist. Man kann sich zu dieser Bestimmung auch eines Thermometers mit silberner Kugel bedienen; dann muß aber das Instrument mit gefärbten Alkohol gefüllt seyn, weil das Silber vom Queckſilber aufgelöst würde. Aber auch mit einem gewöhnlichen Thermometer läßt sich die Feuchtigkeit der Luft messen, wenn man nämlich einen gläsernen Cylinder, welcher von Außen vollkommen trocken ist, nach und nach mit Wasser oder künstlichen Gemischen von immer geringerer Temperatur füllt, bis sich der Cylinder auswendig zu beschlagen anfängt, wobei man dann die Temperatur der Flüssigkeit in dem Cylinder mit einem gewöhnlichen Thermometer mißt. *)

*) Die angehängte zwölfte Tabelle zeigt die jeder Temperatur

Daniells Aether-Hygrometer beruhet gleichfalls auf dem Principe, daß, je mehr Feuchtigkeit in der Atmosphäre vorhanden, um so geringer die Temperaturerniedrigung zu seyn braucht zur Condensation der Dämpfe. Die Einrichtung seines Instruments ist Taf. VIII. Fig. 88. angedeutet. Dieses Hygrometer besteht nämlich aus 2 Kugeln von dünnem Glase, wovon die eine in eine so lange Röhre verlängert ist, daß ein kleines Thermometer darin Raum hat. Beide Kugeln sind durch diese Röhre, welche zweimal gebogen ist, miteinander in Verbindung, und auf einem Fußgestelle g h, welches ein Thermometer trägt, befestiget. Die eine Kugel b, welche ein kleines Thermometer d enthält, wird zu $\frac{2}{3}$ mit Schwefeläther gefüllt, so daß die längliche Kugel des Thermometers zur Hälfte darin eintaucht; die andere Kugel a ist in ein Haarröhrchen ausgezogen. Ist dieses alles vorgerichtet, so wird der Aether in b über einer Lampe zum Kochen erhitzt, bis durch den Aetherdampf alle Luft durch das Haarröhrchen a ausgetrieben ist, worauf letzteres sogleich zugeschmolzen wird. Ist dieses gut gelungen, so muß der Apparat luftleer seyn, und der Aether bei der Berührung der Kugel b mit der Hand schnell verdampfen und in a übergetrieben werden, und in ihr in heftiges Kochen gerathen. Man versieht dann die Kugel a mit einem Ueberzug von Mousselin und bringt das Instrument in die abgebildete Lage auf das Fußgestell. Nachdem man durch die Wärme der Hand allen Aether in die Kugel b getrieben hat, verfährt man, um die Feuchtigkeit der Luft kennen zu lernen, auf folgende Weise: Auf den Mousselin, womit die Kugel a überzogen ist, tröpfelt man einige Tropfen Aether

entsprechende Elasticität der in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe in Millimetern und Zollen ausgedrückt.

um denselben an der Luft verdampfen zu lassen; die dadurch entstandene Verdunstungskälte bewirkt eine Condensation des Aetherdampfes in der Kugel a und eine Verdampfung des Aethers in der Kugel b, also ein Sinken der Temperatur, welches durch das in der Kugel enthaltene Thermometer d angezeigt wird. Durch diese künstliche Verdunstungskälte in der Kugel b wird der in der Atmosphäre vorhandene Wasserdampf auf eben dieser Kugel b verdichtet, und zuerst als ein schmaler Ring von Thau rings um die Oberfläche des Aethers, wo die Kälte am stärksten ist, zum Vorschein kommen. Den Thermometerstand, bei welchem dieser Ring sichtbar zu werden anfängt, muß man genau beobachten, um den Unterschied zwischen dem Stande des äußern und innern Thermometers kennen zu lernen. Je größer dieser Unterschied ist um so trockner ist die Luft und umgekehrt.*)

Denselben Zweck erreicht man eben so schnell und sicher durch Körners Thermo-Hygrometer, welches höchst einfach ist, indem man weiter nichts nöthig hat als zwei gleichgehende Thermometer, wovon die Kugel des einen aufwärts steht, und oben eingedrückt ist (Taf. VIII. Fig. 89.) Thut man in diese Höhlung a etwas Baumwolle, und tröpfelt Schwefeläther darauf, so fällt das Thermometer augenblicklich, und nach Verhältniß des in der Atmosphäre befindlichen Wasserdampfes bildet sich früher oder später außen an der Kugel ein feiner Niederschlag, der sich gut wahrnehmen läßt, und in kurzer Zeit so beträchtlich wird,

*) Die ausführliche Beschreibung und Anwendung dieses eben so sinnreichen als kostbaren und zerbrechlichen Instruments findet man in Gilberts Annalen der Phys. Bd. LXV. S. 169 — 205.

daß öfters die Tröpfchen an der Kugel herunter rinnen. Bei sehr trockner Luft kann man die Verdünstung des Aethers durchs Daranblasen mit dem Löthrohr befördern, und zwar so, daß auch bei trockner Luft die Verdunstungskälte bis zur Condensation des Wasserdunstes gebracht werden kann.

Eine andere etwas complicirtere Vorrichtung hat auch Döbereiner angegeben in Gilberts Annalen der Physik Bd. LXX. S. 135.

Leslie's Thermo-Hygrometer besteht aus zwei gleichgehenden Thermometern, wovon die Kugel des einen mit feiner Leinwand umwickelt, und mit Wasser angefeuchtet wird. In feuchter Luft zeigen beide einerlei Temperatur, weil von dem Wasser, womit das eine befeuchtet ist, wenig oder nichts mehr verdunsten, mithin keine Verdunstungskälte entstehen kann; in trockner Luft hingegen sinkt das befeuchtete Thermometer sogleich, und um so tiefer je trockner die Luft ist, weil die Kugel durch die Verdunstung abgekühlt wird. Leslie hat noch ein anderes Instrument zum Messen des Wasserdampfes in der Luft erfunden, welches er Atmometer (Verdunstungsmesser) nennt. Es besteht aus einer Kugel von porösem Töpfergut, in welche eine graduirte Glasröhre eingekittet ist. Die Kugel wird durch die Röhre mit destillirtem Wasser gefüllt und die Oeffnung der Röhre verschlossen. Die poröse Masse der Kugel läßt nun das Wasser durchgehen, so daß sich das Aeußere der Kugel stets feucht hält. Je trockner die Luft ist, desto schneller wird das Wasser von der Oberfläche der Kugel verdunsten. An dem Sinken des Wassers in der graduirten Röhre läßt sich die Stärke der Verdunstung nach Graden bestimmen. Es kömmt nun bei solchen Versuchen sehr viel darauf an, ob die Luft ruhig oder bewegt ist, weil bei

übrigens gleichem Zustande die Verdunstung um so schneller erfolgt je mehr die Luft in Bewegung ist.

Um die Menge der Verdampfung, oder die Capacität des atmosphärischen Wärmestoffes Wasser aufzunehmen, kennen zu lernen, stellt man auch flache Gefäße voll Wasser, in welchen die Menge des Verdunsteten durch Skalen nach dem Volumen oder nach dem Gewichte zu erkennen ist, und welche man gleichfalls Atmometer, Verdunstungsmesser heißt, in die freie Luft.

Die übrigen bekannten Hygrometer oder Hygroscope sind aus solchen hygroscopischen Substanzen verfertiget, welche bei einem gewißen Grad von Kälte und Feuchtigkeit der Luft Wasser in sich aufnehmen, und dadurch anschwellen; bei warmer und trockner Luft aber wieder Wasser dampfförmig von sich geben und so ihr Gewicht und ihr Volumen vermindern. Dahin gehören Stricke, Darmsaiten, Fischbein, Pergament, Horn, Haare, Federkiele, Holz, Papier u. s. w. Befestiget man z. B. eine Darmsaite an einem Ende und versieht sie am andern Ende mit einem Zeiger, so bemerkt man, daß sich dieser bei verschiedenen Zuständen von Feuchtigkeit der Luft bald vorwärts bald rückwärts im Kreise herumdreht. Darauf gründen sich die bekannten Darmsaitenhygrometer, woran man verschiedene Figuren anbringt um durch das Drehen der Saiten einzelne Theile in Bewegung zu setzen, und daraus die Trockne oder Feuchtigkeit der Luft beiläufig zu schätzen. Dahin gehört v. Saussure's Haarhygrometer, welches aus einem blonden Haare von einem lebenden Menschen auf die Weise verfertiget wird, daß man das Haar, um es für die Feuchtigkeit empfindlicher zu machen in schwacher Lauge auskocht, um eine bewegliche mit einem Zeiger versehene Rolle schlägt, und dann in einem Rahmen ausspannt. In feuchter Luft

verlängert sich das Haar und dreht die mit dem Zeiger versehene und mit einem Gewichte etwas beschwerte Rolle; in trockner Luft hingegen verkürzt es sich wieder und der Zeiger geht zurück. Der Zeiger weiset auf ein Zifferblatt, auf welchem der Kreis zwischen der größten Trockne und der größten Feuchtigkeit in 100 Theile getheilt ist.

Dahin gehört ferner De Luc's Fischbeinhygrometer, welches auf ähnliche Weise aus einem feinen Streifen nach der Breite der Fasern bearbeiteten Fischbein verfertiget wird.

Hierher gehört auch Wilsons Blasenhygrometer, welches auf folgende Weise verfertiget wird: An eine an beiden Seiten offene Thermometerröhre bindet man eine gereinigte Harnblase von einer Ratte, und füllet sie und die Röhre bis auf eine gewiße Höhe mit Queckſilber. Beim Feuchtwerden dehnt sich die Blase aus, und das Queckſilber fällt in der Röhre; in trockner Luft findet das Gegentheil statt. Der Punkt der größten Feuchtigkeit wird bestimmt durch Eintauchen des Instruments bis über die Blase in Wasser von + 12° R.; der Punkt der größten Trockenheit durch längeres Aufhängen unter einer Glocke über Schwefelsäure, welche die Feuchtigkeit am begierigsten an sich zieht. Hierher gehört Chiminello's und Kummers Federkielhygrometer, welches auf eine ähnliche Weise verfertiget wird, indem man einen reifen Federkiel von den Flügeln einer Gans auf seiner ganzen Oberfläche fein schabt bis er so dünn wird wie das feinste Papier, denselben hierauf mit Queckſilber gefüllt an eine Thermometerröhre bindet.

Hieher gehört Mayers Eihäutchenhygrometer, aus dem innern Häutchen von einem Hühnereie verfertiget; Parrots Seidenhygrometer u. s. w. Alle diese verschiedenen Hygrometer haben aber nur einen sehr beschränk-

ten Werth, indem sie nie die Menge von Dampf, welche in einem gegebenen Volum der Luft erhalten ist, anzeigen, auch von dem nebelförmig niedergeschlagenen Wasser mehr afficirt werden als von dem wirklichen Dampfe, der oft gar nicht darauf wirkt, und endlich weil es schwer ist übereinstimmende Resultate damit zu erhalten.

Anmerkung. Um die Menge des Regens, Schnees oder Hagels zu messen, bedient man sich eines flachen oben offenen metallnen Gefäßes, gewöhnlich von einem Quadratfuße Oberfläche, welches sich, zur Verhütung des Wiederverdunstens trichterförmig in ein anderes Gefäß mit enger Oeffnung mündet, und dieses Maaß nennt man Regenmesser, Hyetometer oder Ombrometer.

IV.

Schall.

§. 129.

Akustik. Alle coercibilen oder wägbaren Stoffe sind nach dem Grade ihrer Elasticität einer Erschütterung fähig, welche den Sinn des Gehöres afficirt, und die wir im allgemeinen Schall nennen. Diese Wirkung auf das Gehör ist bestimmten, mathematisch begründeten Gesetzen unterworfen, daher Gegenstand der Physik, welche diese Lehre Akustik (von ἀκούω ich höre) nennt. Es ist völlig erwiesen, daß der Schall nur auf die Elasticität der Materien gegründet, mithin kein Wesen eigener Art ist wie etwa das Licht.

Wir unterscheiden den Schall nach seiner Art und Stärke und bezeichnen ihn darnach mit gewißen Worten, deren Begriff sich nicht immer genau umschreiben läßt; so

nennen wir den Schall ein Geräusch, wenn derselbe unbestimmt ist; vernehmen wir ihn aber bestimmt und einfach, so heißt er Klang, Laut, Ton. Ist derselbe heftig und schnell vorübergehend, so nennen wir ihn Knall; ist er aber stark und anhaltend dann heißt er Getöse u. s. w.

Es kömmt hier in Betracht 1) der schallende Körper; 2) das leitende Medium; 3) das wahrnehmende Ohr.

§. 130.

Schallende Körper. Bei der Erschütterung eines elastischen Körpers durch Stoß, Schlag, Strich u. s. w. erfolgt eine so schnelle zitternde Bewegung, daß sie nur dem Ohre und allenfalls auch dem Gefühle seltener dem Auge wahrnehmbar ist. Die Bebungen einer geschlagenen Glocke oder Trommel, oder einer gestrichenen Saite können wir leicht mit den Fingern fühlen, und mit den Augen sehen, besonders wenn man auf die Glocke oder Trommel Sand streuet oder auf die gespannte Saite ein Stückchen Papier sattelförmig hängt. Bei diesen Schwingungen bewegen sich aber nicht alle Theile des schallenden Körpers zugleich; indem einige Theile derselben ruhen, während andere pendelartig schwingen. Dieses läßt sich am deutlichsten wahrnehmen, wenn man auf eine gespannte Saite an verschiedenen Stellen kleine Streifen Papier sattelförmig legt, und die Saite hierauf durch den Strich mit dem Geigenbogen zum Schwingen bringt; an den ruhenden Stellen werden die Papierstreifen liegen bleiben, an den übrigen aber durch die Schwingungen weggeschleudert werden. Die ruhenden Theile heißen die Schwingungsknoten; die schwingenden aber die Schwingungsbögen.

Die klingenden Körper können seyn:

1) durch Spannung elastisch, und zwar

a) fadenförmig z. B. Drath- und Darmsaiten; sie schwingen transversal und longitudinal;
b) membranenförmig z. B. Trommeln.

2) Durch innere Steiffheit elastisch, und zwar ebenfalls
a) fadenförmig, entweder
α) gerade, z. B. Stäbe; sie schwingen transversal, longitudinal oder drehend,
β) gekrümmt (Ringe, Gabeln);
b) membranenförmig
α) gerade (Scheiben)
β) gekrümmt (Glocken).

3) Durch Druck elastisch,
Luft und Dämpfe.

Die Gesetze des Schalls lassen sich am besten an gespannten Saiten nachweisen.

Um reine Töne hervorzubringen muß ein Körper nebst der nöthigen Elasticität auch eine vorherrschende Dimension haben, entweder nur in die Länge wie bei Stäben, Saiten, Gabeln, Blasinstrumenten, oder in die Länge und Breite zugleich, wie bei Glastafeln, Trommeln und Glocken. Der schallende Körper muß also einer Linie oder einer Fläche ähnlich seyn; denn bei einer Ausbreitung nach allen 3 Dimensionen besitzen die Theile eines Körpers nicht mehr freie Beweglichkeit genug, um solche Längen- und Seitenschwingungen zu machen wie sie zur Hervorbringung reiner Töne nöthig sind; wenn z. B. ein Drath, Blech oder Teller von Silber einen hellen Klang von sich giebt, so ist dieß nicht mehr der Fall bei einer Kugel oder einem Würfel von demselben Metalle. Auch die Luft muß in eine Röhre getrieben werden, also eine überwiegende Dimension in die Länge erhalten, um in Blasinstrumenten zu tönen.

Wird ein Körper unter diesen Bedingungen durch Strich, Stoß u. s. w. erschüttert und schnell sich selbst überlassen, so strebt er unter unzählbar schnellen Schwingungen in den vorigen Zustand zurückzukehren, und diese schwingende Bewegung ist es, welche sich der Luft oder jedem andern elastischen Medium mittheilt um dieselben Schwingungen bis an die Gehörnerven fortzupflanzen.

Die Geschwindigkeit oder Zahl der Schwingungen verhält sich, wie bei den Pendelschwingungen in einer bestimmten Zeit umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Länge des elastischen Körpers. Wenn z. B. ein an seinem Ende eingespannter Stahlstreifen so lang ist, daß er beim Anschlagen in einer Secunde 4 Schwingungen macht, so wird derselbe bis zum 16. Theil verkürzt in derselben Zeit 16 Schwingungen und bis zum 256. Theil verkürzt 64 Schwingungen machen; diese letztern sind nicht mehr zählbar, dagegen aber tönend, während 4 und 16 Schwingungen in einer Secunde nicht hörbar sind; Versuche haben gezeigt, daß ein elastischer Körper in einer Secunde wenigstens 32 Schwingungen machen müsse, um für einen musikalischen Ton gelten zu können.

Die Geschwindigkeit der Schwingungen gespannter Saiten hängt von ihrer Spannung (Elasticität), Länge und Dicke ab. Die Elasticität steht bei Saiten mit der spannenden Kraft, welche sich durch Gewichte bestimmen läßt, in geradem Verhältnisse. Die Geschwindigkeit der Schwingungen verhält sich umgekehrt wie die Länge der Saite und gerade wie die Quadratwurzel der spannenden Gewichte. Eine 2 Fuß lange Saite schwingt bei gleicher Dicke und Spannung noch einmahl so geschwind als eine 4 Fuß lange Saite; eine mit 16 Pfund gespannte Saite noch einmal so geschwind als eine bei gleicher Länge mit 4 Pfund gespannte.

Hinsichtlich der Dicke steht die Zahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeit bei gleicher Länge und Spannung im umgekehrten Verhältniße, d. h. eine Saite mit einfachem Durchmesser schwingt noch einmal so schnell als eine doppelt so dicke.

Die Stärke und Art des Klanges hängt von der Größe der Schwingungen und von der Menge der schwingenden Theile ab. Was aber die Höhe und Tiefe der Töne betrifft, so hängt sie einzig von der Zahl der Schwingungen in einem Zeitmomente ab, mithin folgt daraus, daß alle Umstände, welche die Schwingungszahl vergrößern, den Ton erhöhen, und so umgekehrt, und es ist ein Gesetz der Akustik, daß sich die Tonhöhe gerade verhält wie die Quadratwurzel der spannenden Kraft, und verkehrt wie die Länge und Dicke der Saiten. Spannt man z. B. zwei gleich lange und gleich dicke Saiten mit gleichem Gewichte, so geben sie gleichen Ton; erhöht man aber das Gewicht der einen auf das Vierfache, so giebt sie einen noch einmal so hohen Ton, also die Oktave u. s. w.

Das durchs Gehör wahrgenommene Verhältniß der Höhe zweier zugleich oder schnell hintereinander gegebenen Töne heißt man **Tonverhältniß** oder **Intervall**. Da das Verhältniß der Höhe von den Schwingungsverhältniße abhängt, so lassen sich die Intervalle durch die Zahlen der Schwingungsverhältnisse ausdrücken. Die in der Musik gebräuchlichen Tonverhältnisse haben eigene Namen erhalten. Folgende Tabelle giebt die gebräuchlichern dieser Namen, die Schwingungsverhältnisse, und die Saitenlängen dieser Tonverhältnisse. Der tiefere Ton, welcher durch die kleinere Zahl ausgedrückt ist, heißt in Beziehung auf die Harmonie der Grundton, sonst aber heißt jeder Ton im Verhältniß zu andern Tonica.

Benennung des Tonverhältnisses.	Schwingungsverhältniß.	Saitenlänge und Schwingungszeit.
Einklang . . .	1 : 1	1
Oktave	1 : 2	$\frac{1}{2}$ = 0,5
Quinte	2 : 3 = 1 : 1,5	$\frac{2}{3}$ = 0,666
Quarte	3 : 4 = 1 : 1,333	$\frac{3}{4}$ = 0,75
Große Terz . .	4 : 5 = 1 : 1,25	$\frac{4}{5}$ = 0,8
Kleine Terz . .	5 : 6 = 1 : 1,2	$\frac{5}{6}$ = 0,833
Große Sext . .	3 : 5 = 1 : 1,666	$\frac{3}{5}$ = 0,6
Kleine Sext . .	5 : 8 = 1 : 1,6	$\frac{5}{8}$ = 0,625
Große Septime .	8 : 15 = 1 : 1,875	$\frac{8}{15}$ = 0,533
Kleine Septime .	9 : 16 = 1 : 1,777	$\frac{9}{16}$ = 0,5625
Secunden		
Großer ganzer Ton	8 : 9 = 1 : 1,125	$\frac{8}{9}$ = 0,888
Kleiner ganzer Ton	9 : 10 = 1 : 1,111	$\frac{9}{10}$ = 0,9
Großer halber Ton	15 : 16 = 1 : 1,066	$\frac{15}{16}$ = 0,9375
Kleiner halber Ton	24 : 25 = 1 : 1,0416	$\frac{24}{25}$ = 0,96
Koma	80 : 81 = 1 : 1,0125	$\frac{80}{81}$ = 0,98765432

Einklang ist derselbe Ton auf verschiedenen Saiten gegeben. Die Oktave kömmt dem Einklange am nächsten, und ist das einfachste Tonverhältniß, indem von zwei in der Oktave gestimmten Saiten die höher gestimmte in gleicher Zeit immer noch einmal so viele Schwingungen macht als die tiefer gestimmte. Mit Koma bezeichnet die Akustik die zwischen zwei halben Tönen liegenden Tonverhältnisse, welche nur ein geübtes Ohr vom Einklang zu unterscheiden vermag.

Verschiedene Töne, welche zugleich gegeben eine angenehme Empfindung erregen, heißen Consonanzen; die einfachsten Schwingungsverhältnisse, z. B. die Oktave, die Quint, die große Terz geben die besten Consonanzen. Töne aber, welche zugleich gehört eine unangenehme Empfindung hervorbringen, heißen Dissonanzen z. B. die kleine Sext, die kleine und große Septim und die Secunden.

Zu einer consonirenden Verbindung dreier Töne im Gehör, d. h, zu einem consonirenden Dreiklang oder Akorde wird erfodert, daß die zwei mit dem Grundtone verbundenen Töne nicht nur gegen diesen, sondern auch unter sich consoniren.

Wenn man eine starke und lange Saite (vorzüglich Metallsaite) anschlägt, so hört man nebst dem Haupttone noch mehrere consonirende Nebentöne; ein geübtes Ohr unterscheidet die Oktav und doppelte Oktav des Grundtons, die Oktave der Quinte, die doppelte Oktav der Terz u. s. w. kurz eine Reihe von Tönen, deren Schwingungszahlen zu jener des Grundtons in dem Verhältniß wie 1 zu 2, 3, 4, 5 u. s. w. stehen. Diese harmonischen Nebentöne haben ihren Grund in der ungleichen Geschwindigkeit der Schwingungen der Saiten in ihrer ganzen Länge, wodurch eigentlich die Schwingungsknoten entstehen. Setzen wir die Saite a b Fig. 90. bilde beim Anschlagen 2 Schwingungsknoten c, d, und 3 Schwingungsbögen, so werden diese Schwingungen zwischen a c, c d und d b anders als zwischen a b seyn, und man wird zugleich die Oktave der Quinte mit vernehmen.

Werden zwei oder mehrere Saiten so gespannt, daß jede ein Vielfaches von der Spannung der andern in einer geraden Zahl ist, und streicht man hierauf die eine Saite an, so werden die übrigen gleichfalls mitschwingen, wie man sich leicht auf jeder Harfe, jedem Klaviere u. s. w. überzeugen kann. Diese Mittheilung der harmonischen Bewegung geschieht hier durch die erschütterte Luft und ist immer wegen des geraden mathematischen Verhältnisses höchst merkwürdig. Dieselbe Erscheinung bemerkt man auch bei andern elastischen Körpern, z. B. Fensterscheiben, Trinkgläsern, Trommeln, Glocken u. s. w. Daher die Möglich-

keit des Zersprengens eines sehr spröden, schnell abgekühlten Trinkglases durchs Hineinschreien eines gewißen Tones.

Chladni entdeckte auch Längenschwingungen an Saiten, welche mit dem Violinbogen unter einem sehr spitzigen Winkel angestrichen werden.

Elastische Stäbe, z. B. dicke Stahldräthe, Glasstäbe u. s. w. schwingen auf ähnliche Weise wie gespannte Saiten, zeigen aber doch einige Eigenheiten.

Steife elastische Flächen z. B. Glastafeln, wenn sie zum Tönen gebracht werden, zeigen gleichfalls gewisse Schwingungsknoten, welche aber als Schwingungslinien erscheinen, und — wie Chladni gefunden hat — sichtbar gemacht werden können, wenn man feinen trocknen Sand darauf streuet. Am besten bedient man sich runder Glasscheiben oder eckiger Glastafeln, deren Ränder mit Bimstein oder mit einer Feile etwas abgerundet sind, hält sie an einer Stelle wo ein Schwingungsknoten zu liegen kömmt, zwischen den Spitzen zweier Finger oder zwischen einer Zwinge fest, streuet feinen trocknen Sand darauf und streicht sie am Rande mit einem gutgeharzten Geigenbogen. Durch die Schallschwingungen entfernt sich der Sand von den Schwingungsbögen, und sammelt sich an den Linien, welche als Schwingungsknoten erscheinen; so entstehen verschiedene regelmäßige Figuren, welche man Klangfiguren nennt. Auf Scheiben bildet der tiefste Ton gewöhnlich eine kreuzförmige Figur, etwa wie a Fig. 91., je höher die Töne desto mehr Linien kommen zum Vorschein b, c und die Figuren erscheinen dann sternförmig u. s. w.

Glocken und angespannte Membranen schwingen auf ähnliche Weise wie Glasscheiben.

Tropfbare und luftartige Flüssigkeiten schwingen wellenförmig, und die Schwingungen verbreiten sich vom Punkte der

Erschütterung nach allen Seiten strahlenförmig. Das Plätschern der Quellen, das Rauschen der Flüße, das Sausen und Heulen der Orkane, des durch Spalten dringenden Windes, der Knall beim schnellen Zusammendrücken und Ausdehnen der Luft z. B. bei Explosionen Peitschenschlägen u. s. w. geben uns Beispiele des Schalls tropfbarer und luftartiger Flüssigkeiten.

Bei tönenden Luftschwingungen hängt die Höhe des Tones von dem Durchmesser der Oeffnung, durch welche die Luft getrieben wird, und von der Schnelligkeit der Luftströmung ab; mit dem ersten steht sie in verkehrtem, mit der letzten in geradem Verhältniß. Wird die Luft in einem cylindrischen oder conischen Kanale schnell bewegt, so bildet sie gleichsam einen Luftstab mit tönenden Längenschwingungen. Es darf aber nicht der ganze eingeschlossene Luftstos auf einmal gestossen oder gepreßt werden, sondern es muß ihm eine Reihe schnell aufeinander folgender und abwechselnder Ausdehnungen und Verdichtungen ertheilt werden, was geschieht, wenn sich z. B. eine kleine schnell bewegte Luftmasse an den Rändern der Röhre bricht, ähnlich den Schwingungen eines klingenden festen Körpers. Darauf beruht die Einrichtung der Blasinstrumente. Es ist erwiesen, daß nicht das Instrument, sondern die darin schwingende Luft die Töne hervorbringt, denn man kann aus wenig elastischen wenig klingenden Materien eben so hell klingende Blasinstrumente verfertigen wie aus klingenden z. B. eine Flöte von Wachs, eine Orgelpfeife von Blei u. s. w. Indessen läßt sich nicht läugnen, daß das Instrument durch das Mittönen der festen elastischen Materie eine gewisse Modification der Töne bewirken kann, welche sich nicht beschreiben läßt. Uebrigens hängt die Höhe und Stärke der Töne bei Blasinstrumenten von der Dichtigkeit, Elasticität, Länge

und Weite der darin schwingenden Luftsäule ab. Die verschiedenen Krümmungen scheinen bei gleicher Länge und Weite der Röhre geringen Einfluß auf die Töne zu haben. Je geringer das specifische Gewicht und je größer die Elasticität der Luft desto höher ist der Ton. Daher tönt eine mit Wasserstoffgas angeblasene Pfeife höher als mit atmosphärischer Luft. Rees hat mit verschiedenen Gas- und Dampfarten Versuche angestellt, und nach Chladni's Vorschlag aus der Höhe der Töne die Geschwindigkeit des Schalls in verschiedenen Medien berechnet. Die gefundenen Geschwindigkeiten stehen mit den specifischen Gewichten der Gas- und Dampfarten in keinem genauen Verhältnisse. *)

Das Organ der Stimme bei Menschen und Thieren läßt sich nach denselben Grundsätzen wie die Blasinstrumente erklären; die Lungen stellen den Blasbalg dar, die Höhe und Stärke der Töne wird im Kehlkopfe durch die Stimmritze und die damit in Verbindung stehenden Muskeln gebildet, die Artikulation und Modifikation der Töne endlich geschieht durch die übrigen Theile des Mundes. Anatomie und Physiologie müßen das Uebrige erklären.

§. 131.

Fortpflanzung des Schalles. Wird durch einen schallenden Körper eine benachbarte, sey es eine feste, tropfbarflüssige oder luftartige Materie so erschüttert, daß sie zum Mitschallen kömmt, so heißt dieß Mittheilung und Fortpflanzung des Schalles.

Da alle Materien mehr oder weniger elastisch sind, so

---

*) Schweiggers neues Journal für Chemie und Physik. Bd. III. S. 235.

sind sie auch alle mehr oder weniger gute Schallleiter; je elastischer desto besser.

Wo keine Materie, ist auch keine Mittheilung und Fortleitung des Schalls möglich; dieses läßt sich beweisen, wenn man unter den Recipienten einer Luftpumpe ein Schlagwerk so anbringt, daß der Schall nicht durch den Recipienten oder Teller der Luftpumpe selbst fortgeleitet werden kann, weßhalb man es am besten an ungedrehter Seide aufhängt, oder auf lockere Baumwolle legt. Ist die Luft gut ausgepumpt, so wird man wohl die Bewegung des auf die Glocke schlagenden Hammers sehen, aber man wird dabei keinen Schall vernehmen. Läßt man langsam Luft einströmen, so wird der Schall um so vernehmlicher je mehr Luft in den Recipienten gedrungen ist. Aus derselben Ursache giebt ein auf einem hohen Berge abgeschossenes Schießgewehr einen weit schwächern Knall als unten, indem die Dichtigkeit der Luft mit der Entfernung von der Erde abnimmt. So fand auch Leslie, daß der Schall in Wasserstoffgas so schwach ist, wie in bis zu $\frac{1}{100}$ ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit verdünnten Luft, indem sich das specifische Gewicht des erstern zu dem des letztern verhält wie 0,068 zu 1,000. In comprimirter Luft hingegen gewinnt jeder bei gewöhnlichem Luftdrucke schwache Schall, eine außerordentliche Stärke, weil mit der Compression auch die Elasticität und das Schallleitungsvermögen zunimmt.

Uebrigens scheint sich in der Atmosphäre der Schall auf eine ähnliche Weise fortzupflanzen wie er in Blasinstrumenten entsteht, nämlich durch abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, die sich von dem schallenden Körper aus in Kreisen nach allen Richtungen verbreiten, wie die Wellen, welche auf einer Wasserfläche um den Punkt entstehen, der auf irgend eine Weise, etwa durch einen hineingeworfenen

Stein, erschüttert wird; daher man sie auch Schallwellen nennt. Die geraden Linien, die man sich von den schallenden Körper aus divergirend denkt, heißen Schallstrahlen. Die Intensität des Schalls nimmt ab wie die Quadrate der Entfernung zunehmen, weil die von dem schallenden Körper ausgehenden Schallwellen immer auf eine größere Luftmasse verbreitet werden, je weiter sich der Schall verbreitet; mithin muß derselbe in doppelter Entfernung 4 mal in dreifacher 9 mal, in zehnfacher 100 mal so schwach werden. Weil aber die Luft nach allen Richtungen gleich elastisch ist, so pflanzt sich der Schall nicht nur in geraden Strahlen, sondern auch nach allen andern Richtungen fort. Jeder Punkt eines Schallstrahls kann als ein neuer schallender Punkt betrachtet werden, von welchem sich der Schall, wiewohl mit verminderter Intensität, wieder nach allen Richtungen verbreitet. Merkwürdig ist es aber, daß sich Klänge von der verschiedensten Art, und Töne von der mannigfaltigsten Höhe zu gleicher Zeit unvermischt durch dasselbe Medium, sey es Luft Wasser, oder ein fester Körper fortpflanzen können, ohne daß die Schallwellen zusammenlaufen. Es scheint dieß von denselben mathematischen Verhältnisse in den einzelnen Schallwellen herzurühren, welches in den Schwingungsbögen und Schwingungsknoten statt findet. Die Stärke des Schalls in gleichen Entfernungen hängt von verschiedenen Umständen und Verhältnissen ab, nämlich von der Größe und Masse des schallenden Körpers, von der Größe der Schwingungen die ein schallender Körper macht, von der Geschwindigkeit der Schwingungen, weßhalb man hohe Töne weiter hört als tiefe, ferner von der Dichtigkeit und Gleichförmigkeit der umgebenden Luft, von der Beschaffenheit der benachbarten Körper, die zum Mitschwingen mehr oder weniger geneigt sind, von der Richtung, in

welcher die Schwingungen des schallenden Körpers geschehen, von der Bewegung der ganzen Luftmasse, in welcher sich der Schall fortpflanzt, von der Begrenzung der Luft u. s. w.

Ist die Luft in eine Röhre eingeschlossen, dann stoßen sich die Schallwellen nach der Richtung derselben in großer Entfernung fort. Biot fand, daß in eine eiserne Röhrenreihe leise gesprochene Worte am Ende dieser Reihe in einer Entfernung von 951 Meters, oder 2928 pariser Fuß noch deutlich vernommen werden konnten, während in freier Luft eine laute menschliche Stimme nur auf 70 Fuß weit deutlich vernehmbar ist.

Es giebt einige noch nicht hinreichend bekannte Ursachen, welche auf die Schallwellen der Luft Einfluß haben, und bewirken, daß ein gleichstarkes Geräusch bei gleicher Windstille an einem Tage stärker als an einem andern vernommen wird. Warum in der Nacht der Schall überhaupt verstärkt gehört wird, was nicht nur in bewohnten geräuschvollen Gegenden, sondern auch in stillen Einöden der Fall ist, dieß erklärt Hr. v. Humboldt aus der Ungleichheit der Luftschichten durch den Einfluß der Sonne während des Tages.

Der Schall legt während der ganzen Dauer seiner Fortpflanzung in gleichen Zeittheilen gleiche Räume zurück, er bewegt sich also in der 2., 3., 4., 5. u. s. w. Secunde mit derselben Geschwindigkeit wie in der ersten, vorausgesetzt daß das Medium der Verbreitung dasselbe bleibt.

Die neuern Versuche, welche einige Mitglieder der Pariser Akademie über die Geschwindigkeit des Schalls angestellt haben, bestätigten so ziemlich die Resultate früherer Versuche; Kanonenschüße, in der Nacht abgefeuert, zeigten, daß bei + 10° Lufttemperatur die Geschwindigkeit des Schalles 1037,9 Fuß, oder 337,2 Meter (172,89 Toisen) in

einer Secunde ist. Frühere Versuche gaben 1038 Fuß oder 173 Toisen. Benzenberg fand durch ähnliche Versuche 1042,5 Pariser Fuß in einer Secunde. In tropfbaren Flüssigkeiten ist die Geschwindigkeit des Schalls größer als in der Luft, und am größten ist sie in festen harten Körpern, wie Versuche gezeigt haben; in weichen wenig elastischen Körpern, hingegen ist die Schallfortpflanzung gering. Die Stärke des Schalls, die Art des Klangs auch der Stand des Barometers und Hygrometers scheinen auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung keinen Einfluß zu haben; nur der Wind verzögert oder beschleunigt sie etwa um so viel als seine eigene Geschwindigkeit beträgt.

Wenn die Schallwellen in ihrer Verbreitung auf ein Hinderniß stoßen, so ist der Erfolg zweierlei, je nachdem die hindernde Fläche selbst hörbarer Schwingungen fähig ist, und die Schallwellen stark genug sind, dieselbe in diese Schwingung zu versetzen oder nicht. Im ersten Falle wird die Fläche zum Mitschwingen gebracht und dadurch der ursprüngliche Schall sehr verstärkt; darauf gründet sich die Wirkung der Resonanzböden. Wenn die Schallwellen in ihrer Verbreitung auf ein festes Hinderniß stoßen, welches sich nicht in Mitschwingung versetzen läßt, so geschieht dasselbe, was wir an Wasserwellen beobachten, wenn sie an ein festes Hinderniß stoßen, wo sie sich dann in einer andern Richtung, nach den Gesetzen des Stoßes elastischer Körper auf unbewegliche Flächen verbreiten, indem sie unter demselben Winkel zurückkehren, unter welchen sie dieselben getroffen hatten. Diese Wirkung nennt man beim Schall die Zurückwerfung des Schalls. Ist die zurückwerfende Fläche elliptisch gekrümmt, und der schallende Körper in dem einen Brennpunkte der Krümmung, so sammeln sich die Strahlen in dem andern Brennpunkte. Will daher jemand

deutlich hören, was in einem größern Raume leise gesprochen wird, so muß dieser Raum eine Ellipse vorstellen und der Sprechende und Horchende in dem Brennpunkte derselben seyn. Darauf gründet sich die Einrichtung der Sprachgewölbe, Musikſäle, Theater u. s. w.

Ist die zurückwerfende Fläche von dem Orte, wo der Schall erregt wird, einige Fuß entfernt, so wird dadurch der Urhall verstärkt und verlängert. Bei einer noch weitern Entfernung der zurückwerfenden Fläche entsteht der Nachhall. Ist sie aber 65 Fuß entfernt, so vernehmen wir den zurückgeworfenen Nachhall etwas später und abgesondert, und so entsteht der Wiederhall oder das Echo; die Ursache davon liegt darin, daß der Schall in einer Secunde 1038 Fuß durchläuft und wir in dieser Zeit höchstens 8 aufeinander folgende Töne oder Laute zu unterscheiden vermögen; ist also die zurückwerfende Fläche 65 Fuß weit entfernt, so muß der Nachhall dieselbe Strecke wieder zurück legen, es vergeht also $\frac{1}{8}$ Secunde bis diese $65 \times 2 = 130$ Fuß zurück gelegt werden, und in dieser Zeit läßt sich ein einzelner Laut auch als Echo vernehmen. Das mehrfache Echo läßt sich aus dem Gesagten leicht erklären.

Auf die Gesetze der Fortpflanzung und Zurückwerfung des Schalls gründet sich auch das Hör- und Sprachrohr. Das Hörrohr ist eine Vorrichtung, welche den Zweck hat, den ankommenden Schall verstärkt ins Ohr zu leiten. Das Sprachrohr hat den Zweck, den Schall nach einer gewissen Richtung auf eine große Entfernung fortzuleiten. Es ist eine kegelförmige Röhre, in welcher die Schallstrahlen durch Reflexion die Gestalt eines Cylinders erhalten (Taf. VIII. Fig. 92), und so nach einer Richtung hin weiter reichen, als außerdem. Eine starke menschliche Stimme wird nach Lamberts Versuchen im Freien höchstens auf 800 Fuß

weit vernommen; mittelst eines Sprachrohrs aber läßt sich nach Munkes Versuchen die Entfernung auf 18000 Fuß vergrößern. Die Natur des Körpers, woraus das Sprachrohr verfertigt ist, scheint auf den Effect keinen Einfluß zu haben.

In tropfbarflüssigen und festen Körpern wird der Schall noch besser und schneller fortgeleitet als in der Luft. Nach Newton's und La Place's Berechnungen bewegt sich bei + 8° R. der Schall im Regenwasser 4700 pariser Fuß weit in einer Secunde, also viermal schneller als in der Luft.

Daß feste Körper den Schall gut fortleiten, wissen unter andern auch Bergleute, welche die Hammerschläge durch die Felsen hindurch in sehr weite Entfernung hören. Wenn man das Ohr auf den Boden legt, so hört man Fußtritte viel weiter als außerdem. Biot überzeugte sich durch Versuche mit eisernen Röhren, daß das Eisen den Schall mehr als zehnmal schneller fortleitet als die Luft.

§. 132.

Wahrnehmung des Schalls. Das Ohr hat einen sehr zusammengesetzten Bau, dessen Studium Gegenstand der Anatomie uud Physiologie ist. Hier kann im Allgemeinen nur so viel gesagt werden: Man unterscheidet ein äußeres und ein inneres Ohr; das äußere ist dazu bestimmt, die Schallwellen aufzufangen und zu concentriren, um sie auf das Trommelfell hinzuleiten; dieses ist eine ausgespannte Membrane, welche die Scheidewand des äußern und innern Ohrs ausmacht, und durch ihre Schwingungen die Fortleitung des Schalls bis zu den Gehörnerven zu begünstigen scheint. Das innere Ohr steht durch die Mundhöhle mit der atmosphärischen Luft in Communication; es besteht aus mehrern Theilen, deren Zwecke die Physiologie noch nicht durchaus befriedigend erklären kann. Wenn schon das Trommelfell nicht

nur zum Schutze des innern Ohrs sondern auch zur bessern Fortpflanzung des Schalls bis zum Gehörnerven bestimmt zu seyn scheint, so ist es dazu nicht durchaus unentbehrlich, denn Menschen deren Trommelfell zerrissen oder durchbohrt wurde, hören noch sehr gut, vorausgesetzt, daß die Gehörnerven und die nächsten Umgebungen derselben gut sind; auch ist es nicht durchaus nothwendig, daß die Wahrnehmung des Schalls den Weg durch das äußere Ohr gehen müsse, denn die Kopfknochen sind gleichfalls gute Schalleiter, und es ist bekannt, daß wir auch durch den Mund hören können.

Schwerhörigkeit und Taubheit sind entweder Folge mangelhafter Fortleitung des Schalles bis zu den Gehörnerven, oder Unthätigkeit des letztern, wodurch die Wirkung auf das allgemeine Sensorium unterbrochen ist. Fehler der Fortleitung können geheilt werden, Lähmung oder Unthätigkeit der Gehörnerven selbst aber schwerlich. Das gesunde Ohr hört immer richtig; die Täuschungen sind nur Folgen der Schlüße aus den Wahrnehmungen.*)

V.

Geruch, Geschmack und Gefühl.

§. 133.

Osmetik. Wenn die Principien des Sehens und Hörens Gegenstand der Physik sind, so müssen sich auch die Lehren

*) Ueber das Gehörorgan kann nachgesehen werden Sömmerings Abbild. des menschl. Hörorgans 1805. Loder anatom. Tafeln. Die ganze Akustik kann ausführlich studirt werden in Chladnis Akustik. Leipz. 1802., ferner in dessen neuen Beiträgen zur Akustik. Leipz. 1817., und in dessen Beiträgen zur prakt. Akustik. Leipz. 1821.

vom Geruche, Geschmacke und Gefühle physikalisch begründen lassen; und wenn die Lehre vom Sehen „Optik“ und jene vom Hören „Akustik“ heißt, so werden wir die Geruchslehre Osmetik (von Οσμὴ Geruch), die Geschmackslehre Geumatik (von Γεῦμα Geschmack) und die Gefühl- oder vielmehr Getastlehre Pselaphetik (von Ψηλαφάω ich betaste, befühle), nennen dürfen.

Diese Lehren werden zwar mit Recht in die Physiologie verwiesen, allein da sie sich mathematisch-physikalisch begründen lassen, und als Vorbereitung zum Studium der Chemie und Naturgeschichte nothwendig sind, so sollten sie in der Physik nicht ganz mit Stillschweigen umgangen werden. Indessen haben sich die Physiker mit diesen Gegenständen bisher so wenig befaßt, daß wir darüber noch fast gar keine Versuche, und Berechnungen besitzen. Am meisten ist noch die Lehre vom Geruche (Osmetik) ausgebildet, weil sich die Gerüche in die Entfernung verbreiten, und die Bewegungen derselben wie jene des Schalls, des Lichtes und der Wärme nicht nur beobachtet sondern auch berechnet werden können.

Unter Geruch versteht man überhaupt nicht nur alles was von dem Geruchsinn wahrgenommen wird, sondern auch den Geruchsinn selbst. Es ist durch Versuche und Beobachtungen hinreichend erwiesen, daß die Materien nur durch unmittelbare Berührung der Geruchnerven Geruch besitzen; wenn also Körper in der Entfernung riechbar sind, so müssen wir annehmen, daß nur elastischflüssige Stoffe den Geruchsinn afficiren können, obgleich es auch Gas- und Dampfarten giebt, welche für den Geruchsinn indifferent, also geruchlos sind, z. B. Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserdampf. Feste und tropfbarflüssige Körper, wovon sich nichts gas- oder dampfartig verflüchtigen läßt, sind durchaus ge-

ruchlos. Besitzen sie Geruch ohne sich verflüchtigen zu lassen, so ist dieß ein Beweis, daß sie einen flüchtigen Bestandtheil — wenn auch nur in unwägbar geringer Menge — enthalten, mithin in ihrer chemischen Zusammensetzung ungleichartig sind.

Es giebt mehrere Körper, welche Gerüche verbreiten, ohne dabei merklich am Gewichte abzunehmen, z. B. Ambra, Moschus, Castoreum, Asa fötida u. s. w.; ein Gran Moschus kann 20 Jahre lang und darüber einen großen Raum mit merklichem Geruche erfüllen, ohne bedeutend am Gewichte zu verlieren, wenn auch die Luft fortwährend erneuert wird, und Haller berechnet, daß, um einem Stück Papier von 1 Quadratzoll einen Ambrageruch zu geben, von 2000 bis 3000 Millionentheilen eines Grans Ambra nur ein Theil nöthig sey, und doch verflüchtiget sich auch davon nur der geringste Antheil. Diese Beobachtungen beweisen die ungeheure Theilbarkeit der Materie und die außerordentliche Feinheit des Geruchsinns, und zwar so, daß man verleitet werden könnte zu glauben, die Gerüche rühren gleich dem Schalle nicht von eigenen Materien, sondern von einer besondern Erschütterung der Luft, welche auf die Geruchsnerven wirkt, her, oder sie gehören gleich dem Lichte und der Wärme zu den unwägbaren Potenzen, wenn wir nicht wüßten daß einige wägbare Stoffe z. B. Ammoniak, Salzsäure, Essigsäure, ätherische Oele, Kampfer ꝛc. sich gänzlich verflüchtigen können, und nur dadurch riechen, daß sie dampfförmig in die Nasenhöhle dringen.

Die Stärke und Art des Geruchs rührt theils von der Menge und Mischung der verflüchtigten und zu den Geruchsnerven dringenden Stoffe, und theils von einer eigenen Disposition oder Verwandtschaft des Geruchorgans selbst her. Ein System der Gerüche ist zwar von Haller und Andern

versucht worden, allein nicht mit dem Erfolge wie man Systeme der Töne, und der Farben aufgestellt hat. Die Möglichkeit die Harmonie der Gerüche gleich den Tönen nach mathematischen Verhältnissen zu bestimmen, läßt sich zwar nicht läugnen, allein es fehlen uns noch die Principien. Man unterscheidet im Allgemeinen angenehme indifferente, und eckelhafte Gerüche; die angenehmen nennt man Wohlgerüche, die unangenehmen Gestank. Die nähere Bezeichnung geschieht entweder nach der chemischen Klassification, oder nach einer gewissen Uebereinstimmung mit dem Geschmacke, oder auch nach der Aehnlichkeit mit einem bekannten Geruche. Nach der chemischen Klassification und theils auch nach der Aehnlichkeit mit dem Geschmacke unterscheiden wir alkalische, saure, geistige oder weinigte aromatische, thonige, bituminöse, brenzliche, faulige, süßliche, bitterliche, scharfe, narkotische Gerüche; nach der Aehnlichkeit mit bekannten Gerüchen bedient man sich zur nähern Bezeichnung der Ausdrücke: veilchenartig, rosenartig, bittermandelartig, terpentinartig, zwiebelartig u. s. w.

Die Verbreitung des Geruches geschieht zwar nach den ärostatischen Gesetzen, allein da die Dämpfe und Gasarten, welche auf das Geruchsorgan wirken, durch die Wärme entstehen und ausgebreitet werden, so folgt der Geruch nach Lelie's Versuchen zum Theil auch den Gesetzen der Wärmefortpflanzung. Leslie streute Moschus auf eine Pappscheibe und stellte sie einige Zoll von einem metallischen Reflector, in dessen Brennpunkte eine mit Cambrai umwickelte Glaskugel stand; eine gleiche Kugel wurde einige Zoll seitwärts entfernt aufgestellt. Nach einigen Minuten fand Lelie, daß die im Brennpunkte aufgestellte Kugel weit stärker nach Moschus roch, als die andere. So wurden auch bei einem andern Versuche in dem Brennpunkte des Metall-

spiegels Erbsenblüthen von dem Ammoniak grün gefärbt, welches sich in beträchtlicher Entfernung verflüchtigte. Kälte vermindert die Gerüche weil sie die Verdampfung hemmt. Der Wasserdampf, obgleich er für sich keinen Geruch besitzt, scheint für viele, wo nicht für alle Gerüche ein nothwendiges Excipiens zu seyn um sie dem Geruchsorgane wahrnehmbar zu machen. Der Wiud zerstreut zwar den Geruch in weite Entfernungen, indessen breitet sich letzterer auch gegen den Wind bis zu einiger Entfernung aus. Mit Hülfe eines konischen Rohrs lassen sich die Gerüche gegen die Nase zu concentriren, fast auf dieselbe Weise, wie man den Schall durch das Hörrohr verstärkt.

Was die Construction des Geruchorgans betrifft, so ist sie weit einfacher, als die des Auges und des Ohres. Die Schleimhaut im Innern der Nase steht in unmittelbarer Verbindung mit dem Geruchsnerven, welcher sich in mehrere Fäden durch das Siebbein in die Nase herabsenkt, und sich besonders auf der Scheidewand derselben ausbreitet, wo die Nervenzweige fast nackt daliegen. Durch den Nasenschleim werden sie stets feucht erhalten, weil sie sonst vertrocknen und in ihrer Function gestört werden würden.

Fehler des Geruches rühren entweder von einer gestörten Schleimabsonderung, oder von einer Ueberreitzung oder von einer Unthätigkeit der Geruchnerven her.

§. 134.

Geumatik. Die Wahrnehmung des Geschmackes auf der Zunge und in den übrigen Theilen der Mund- und Rachenhöhle ist noch weniger physikalisch untersucht als jene des Geruches, weil zum Schmecken unmittelbare Berührung nöthig ist und der Geschmack sich nicht in die Entfernung ausbreitet, mithin hier keine Gesetze der Bewegung zu er-

forschen sind. Nur so viel muß bemerkt werden, daß, so wie nur elastische Flüssigkeiten den Geruchsinn afficiren, nur tropfbare Flüssigkeiten auf den Geschmacksinn wirken können. Wenn also feste Körper Geschmack besitzen oder erregen, so ist dieß immer ein Beweis daß sie entweder selbst in der Flüssigkeit des Mundes auflöslich sind, oder wenigstens etwas Auflösliches enthalten, oder auch daß sie chemisch zersetzend auf die Bestandtheile des Speichels u. s. w. wirken. So wie beim Geruche eine gewisse Verwandtschaft zwischen dem Organe und den Gerüchen angenommen werden muß, so sehen wir auch bei dem Geschmacke, daß nicht die Flüssigkeit als solche das Organ afficirt, weil es auch geschmacklose Flüssigkeiten giebt, und weil der Geschmack in keinem mathematischen Verhältnisse mit den verschiedenen Graden der Flüssigkeit oder Auflöslichkeit der Körper steht, sondern der Sinn des Geschmackes zu den Wächtern des Lebens gehört um vor Schädlichkeiten zu warnen und zum Genuße nützlicher Nahrungs- und Verdauungsmittel einzuladen.

Ein System des Geschmacks ist zwar denkbar, allein die Principien und Verhältnisse desselben sind noch nicht ausgemittelt, es wird eine Aufgabe chemischer und physiologischer Forschungen seyn.

Das Geschmackorgan ist für verschiedene Substanzen ein beinahe eben so feines Reagens wie das Geruchorgan, denn es giebt Dinge welche Geschmack erregen, obgleich sie gänzlich unauflöslich zu seyn scheinen z. B. Kupfer.

Was übrigens die Stärke und Art des Geschmackes betrifft, so ist auch hier dasjenige anwendbar, was vom Geruche (§. 133.) gesagt worden ist. Die Unterschiede zwischen angenehmen, indifferenten und eckelhaften Geschmacke bezeichnet man gleichfalls genauer nach der chemischen Klas-

sification oder nach der Aehnlichkeit mit bekannten Dingen; so unterscheiden wir den sauren alkalischen, salzigen, süßen, geistigen, oder weinigten, gewürzhaften, erwärmenden, brennenden, bittern, herben, metallischen, brenzlichen fauligen, milden, öligen, kühlenden u. s. w. Geschmack.

Die Construction des Geschmakorgans ist eben so einfach wie jene des Geruchorgans, indem der Lingualnerve unzählige Verzweigungen in der Zunge ausbreitet, und so in den Papillen oder Geschmackswärzchen endiget, womit die Zunge bedeckt ist, welche deßhalb als Organ des Geschmackes betrachtet wird, obgleich auch die Gaumenhaut und die übrigen Theile der Mund- und Rachenhöhle mit Nervenendigungen versehen sind, welche zur Wahrnehmung, Erhöhung oder Modification des Geschmackes beitragen. Zur Erregung desselben ist es nothwendig, daß diese Geschmackswärzchen stets feucht erhalten werden, wozu der Speichel dient, der sich aus eigenen Drüsen absondert.

Was endlich den Sinn des Gefühls betrifft, so unterscheidet man das besondere den Finger- und Zehenspitzen eigenthümliche Empfindungsvermögen, welches man auch Tastsinn nennt, von dem über den ganzen Körper verbreiteten Gemeingefühl. Dieser Sinn des Gefühls hat seinen Sitz in den Nerven, welche durch den ganzen Körper verbreitet sind, unter der Epidermis als äußerst feine Fäden endigen, und, wie alle übrigen Nerven mit dem Gehirn communiciren. An den Spitzen der Finger und Zehen befinden sich ähnliche Papillen mit Nervenendigungen wie an der Zunge, weßhalb an diesen Theilen das Gefühl am feinsten ist.

Wenn der Geruch nur von elastischen und der Geschmack nur von tropfbaren Flüssigkeiten erregt wird, so bemerken wir, daß der Sinn des Gefühls nicht nur von jeder wägba-

ren Materie, sie mag fest, tropfbar oder elastisch flüssig seyn, sondern auch von incoercibilen Potenzen vorzüglich von Wärme und Electricität afficirt werden kann.

Ein System der physischen Gefühle ist zwar möglich, aber gleichfalls noch nicht gehörig ausgeführt. Wir unterscheiden auch hier hauptsächlich angenehme, indifferente und unangenehme Gefühle, welche aber jederzeit sehr relativ sind, so kann jenes von Wärme und Kälte bald angenehm und bald unangenehm seyn.

Was den Tastsinn insbesondere betrifft, so bedient man sich desselben auch bei naturhistorischen Studien als Unterscheidungsmittel verschiedener Körper; man unterscheidet z. B. feuchtes, trocknes, weiches, fettiges, schlüpfriges, rauhes, erdiges, kaltes und warmes Anfühlen.

Vierter Abschnitt.

Statik und Dynamik der Incoercibilen.

I.

Licht.

§. 135.

Ursprung des Lichtes. Die Ursache des Sehens nennen wir Licht; wir denken uns darunter eine höchst feine elastische Flüssigkeit, welche wegen ihrer Feinheit weder sperrbar noch wägbar ist, von coercibilen Stoffen aber in ihrer Bewegung mehr oder weniger gehemmt, theils angezogen, modificirt oder gebunden, theils von ihrer geraden Bahn abgelenkt, und theils unverändert zurückgeworfen wird. Die Hauptquelle des Lichtes für unsere Erde und für das

ganze Planetensystem, wozu sie gehört, ist die Sonne. Wir sehen aber bei heiterer Nacht außer den Sternen, welche von der Sonne erleuchtet werden, in unermeßlichen Entfernungen auch Sterne, welche mit ihrem eigenen Lichte leuchten, und Fixsterne genannt werden; sie sind wahrscheinlich Sonnen, welche wieder ihre eigenen Planetensysteme zu haben scheinen. Außerdem sehen wir am Firmamente auch bisweilen Kometen, welche gleichfalls mit ihrem eigenen Lichte leuchten. Der Mond wird, wie unsere Erde mit den übrigen Planeten von der Sonne erleuchtet, und trägt durch einen Theil des von ihm zurückgeworfenen Lichtes viel zur Verminderung des Schattens der Nacht bei.

Auf unserer Erde sehen wir Quellen des Lichtes in chemischen und organischen Veränderungen, und wir werden dadurch auf die Hypothese geleitet, daß die wägbaren Stoffe nach ihrer chemischen Verwandschaft mehr oder weniger Licht, oder die Bestandtheile desselben, im unsichtbaren Zustande gebunden enthalten, und es nach den Gesetzen der chemischen Verwandtschaften wieder zu erzeugen und von sich zu geben im Stande sind. Durch diese Hypothese erklärt die Chemie alle Lichterscheinungen beim Verbrennen und bei andern raschen Verbindungen und Zersetzungen, beim Erhitzen, beim elektrischen Funken, beim Schlagen und Reiben z. B. beim Feuerschlagen, ferner bei raschem Zusammenpressen z. B. der Luft in einer Compressionspumpe, beim Losschießen einer frisch eingepumpten Windbüchse im Finstern, indem der herausströmende Luftstrahl gegen die atmosphärische Luft drückt, und so Licht daraus frei macht; dadurch erklärt die Chemie ferner die verschiedenen Arten von Phosphorescenz d. h. Lichtentwicklung ohne Glühhitze und ohne auffallende chemische Veränderung, z. B. bei der Krystallisation, beim Stocken der Säfte in Pflanzenthei-

len, beim Verwesen thierischer Körper; eben so die Erscheinung der sogenannten Lichtmagnete oder Phosphoren durch Insolation oder Einstrahlung, indem einige Körper, z. B. der Diamant, der Chlorophan, das Schwefelcalcium, Schwefelbarium u. s. w. die Eigenschaft besitzen, wenn sie einige Minuten lang den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesen, im Finstern mit einem phosphorischen Schein zu leuchten, weil sie wahrscheinlich das von der Sonne aufgenommene Licht nur locker gebunden leicht wieder fahren lassen. Eben so die Phosphorescenz im Finstern durch Drücken, Schlagen oder Reiben, z. B. des Zuckers, Quarzes ꝛc.; durch mäßiges Erwärmen z. B. des Diamants, Dolomits, Flußspaths, Phosphorits u. s. w.*) Auch das Leuchten lebender Thiere z. B. der Johanniskäfer, vieler Moluskeu und anderer Seethiere, wodurch weite Meeresstrecken einen phosphorischen Schein verbreiten, läßt sich aus derselben Hypothese erklären.

Die Lichterscheinung beim Verbrennen hat ältere Naturforscher auf die Idee gebracht, daß auf der Sonne ein fortwährender Verbrennungsprozeß statt finde; andere haben geglaubt, daß nur die Sonnenatmosphäre brenne, uud daß die Masse der Sonne selbst ein finsterer Körper sey, woraus sich die Sonnenflecken erklären ließen; allein ein solcher Verbrennungsprozeß ist deshalb nicht recht wahrscheinlich, weil

---

*) Sehr viele Versuche über die Phosphorescenz der Körper nebst den bisher darüber aufgestellten Hypothesen findet man in einem Werke von Placidus Heinrich „die Phosphorescenz der Körper.“ 5 Abtheilungen. Nürnberg bei Schrag 1811 — 1820. Auch in einer Abhandlung von Dessaignes wovon in Gilberts Annalen der Physik. Bd. XXXVII. S. 238 — 248. ein Auszug enthalten ist.

mit der Verzehrung des Brennstoffes die Intensität des Lichtes nach vielen Jahrtausenden doch abgenommen haben müßte, was aber nicht der Fall zu seyn scheint. Wahrscheinlicher ist es, daß die Sonne durch ungeheure Verdichtung ihrer Atmosphäre leuchte; denn Dessaignes hat durch viele Versuche gezeigt, daß alle wägbaren Stoffe durch hinreichende Verdichtung oder Compression leuchtend werden; und nach Hoyer's Hypothese ist es sehr wahrscheinlich, daß die Sonne im Centralpunkte unsers Planetensystems also im Mittelpunkte der Schwere selbst der schwerste Körper, vielleicht ganz Metall sey; es darf also angenommen werden, daß, nachdem ihre Größe auf 200000 Meilen im Durchmesser berechnet wird, während der Erddurchmesser nur 860 Meilen beträgt, durch ihre ungeheure Anziehungskraft die Sonnenatmosphäre in einem beständig glühenden oder leuchtenden Zustande sich befinden müsse, ohne daß ein solcher chemischer Prozeß, welchen wir Verbrennung nennen, darin vorgehe.

§. 136.

Optik. In Beziehung auf das Licht unterscheiden wir Körper, welche Licht von sich geben, und Körper, welche Licht empfangen; die erstern heißen leuchtende, die letztern dunkle Körper. Die dunklen sind entweder durchsichtig, oder durchscheinend oder undurchsichtig.

Die Durchsichtigkeit kann von verschiedenem Grade seyn, das vollkommen Durchsichtige ist unsichtbar, und läßt alles Licht unverändert durch sich durchgehen; allein wir kennen keinen vollkommen durchsichtigen Körper, denn selbst die Luft, welche doch in beträchtlichen Massen unsichtbar ist, besitzt in mehrere Meilen dicken Schichten eine blaue Farbe; daher erscheint beim hellen Tage das Firmament, und jeder

hinreichend entfernte Gegenstand z. B. ein fernes Gebirg mit blauer Farbe.

Das Durchsichtige geht allmählig in das Durchscheinende über, denn viele Körper sind in dünnen Splittern durchsichtig, bei größerer Dicke aber nur durchscheinend; man nennt nämlich einen Körper durchscheinend, wenn er so wenig Licht durchläßt, daß Gegenstände durch ihn wohl noch wahrgenommen, aber nicht mehr unterschieden werden können, wie dieß beim Porzellan, Beinglas, Feuerstein u. s. w. leicht zu beobachten ist. Die Grenzen zwischen dem Durchsichtigen und Durchscheinenden, so wie zwischen diesem und dem Undurchsichtigen, gehen allmählig in einander über. Körper, welche in sehr dünnen Stücken Gegenstände noch undeutlich unterscheiden lassen, nennt man daher halbdurchsichtig, wie dieß beim Kalzedon und beim gemeinen Opal bisweilen der Fall ist; so giebt es auch Körper, welche nur in sehr dünnen Splittern oder an den Kanten durchscheinend, sonst aber undurchsichtig sind. Die durchsichtigsten Materien, indem sie das Licht durch sich durchgehen lassen, ohne es merklich zu hemmen oder zu verändern, sind die vollkommensten Lichtleiter; die unvollkommen durchsichtigen und durchscheinenden sind unvollkommene Leiter; die undurchsichtigen endlich sind Nichtleiter für das Licht. Nur durch die Lichtleiter gelangt das Licht zum Nervus opticus, um das Sehen zu bewirken.

Die Lehre von der Bewegung des Lichtes und vom Sehen heißt Optik (von ὄπτομαι ich sehe); die meisten Physiker beschränken aber den Begriff von Optik nur auf die Lehre von der ungebrochenen geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes. Einen Lichtleiter, oder den mit durchsichtiger Materie erfüllten Raum, z. B. Luft, Wasser, Glas ꝛc. nennt man in der Optik Mittel oder Medium, und die

in einem gleichartigen Medium fortgehenden Strahlen heißt man direktes Licht.

In jedem gleichartigen Mittel pflanzt sich das Licht in geraden und auseinanderfahrenden oder divergirenden Linien fort; davon kann man sich durch folgenden Versuch überzeugen: Man bohre in den Fensterladen eines bei Tage vollkommen verfinsterten Zimmers ein sehr enges rundes Loch, und man wird sehen, daß sich der durch dasselbe eindringende Lichtstrahl kegelförmig erweitert, und auf einer senkrecht entgegen gehaltenen weißen Fläche eine helle Scheibe bildet, welche man Sonnenbild (Spectrum) nennt. Dieses Sonnenbild stellt die Grundfläche eines Lichtkegels dar, dessen Spitze die genante Oeffnung ist; es erscheint um so kleiner und heller, je näher die Fläche der Oeffnung gebracht wird, und ungekehrt um so größer und weniger beleuchtet, je weiter die Fläche entfernt wird. Werden mehrere feine Oeffnungen gemacht, so sieht man, daß sich jeder feinste Lichtstrahl auf eine ähnliche Weise kegelförmig ausbreitet. Auf gleiche Weise breitet sich das Licht von jedem Punkte eines leuchtenden Körpers divergirend aus, und bildet Sphären von unbestimmter Größe, deren Mittelpunkt der leuchtende Körper, und deren Halbmesser jeder Lichtstrahl ist. Diese divergirend auseinandergehende Bewegung des Lichtes heißt strahlende Bewegung. Wir wissen aber nicht, ob die einzelnen Lichttheilchen geradlinig oder wellenförmig sich fortbewegen; verschiedene Erscheinungen lassen eine wellenförmige Bewegung vermuthen, daher sind einige Physiker in der Lehre vom Lichte von dieser Ansicht, nämlich von einer Undulations-Theorie, ausgegangen. Indessen lassen sich die Erscheinungen auch sehr befriedigend durch die Annahme einer geradlinigen Bewegung des Lichtes, oder durch die sogenannte Emanations-Theorie, erklären.

Es ist übrigens aus dem Gesagten leicht einzusehen, warum das Licht um so dünner und weniger leuchtend wird, je weiter es sich von dem leuchtenden Punkte entfernt, weil die Menge desselben mit der Ausbreitung nicht vermehrt wird. Erfahrung und sichere Schlüsse haben gelehrt, daß die Intensität der Beleuchtung in eben dem Verhältnisse abnimmt, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. Wenn man also bei einem Wachslichte in einer Entfernung von 1 Fuß bequem lesen kann, so muß man, um bei 2 Fuß Entfernung eben so bequem lesen zu können, 4 solche Lichter; bei 3 Fuß Entfernung 9 solche Lichter u. s. w. anzünden.

Die Ausbreitung des Lichtes geschieht durch seine Expansivkraft; und diese Kraft muß darin ungeheuer groß seyn, denn die Geschwindigkeit, mit welcher es sich fortpflanzt, ist so außerordentlich groß, daß die Zeit in der es sich von einem Orte zum andern bewegt, bei den größten übersehbaren Abständen auf unserer Erde ganz verschwindet und nur erst in jenen großen Räumen, in welchen sich die Himmelskörper entfernt befinden, merklich wird. Olof Römer hat berechnet, daß das Licht etwas über 8 Minuten Zeit gebraucht, um von der Sonne auf unsere Erde zu kommen. Da nun diese Entfernung auf 21 Millionen Meilen berechnet wird, so durchläuft das Licht in einer Secunde einen Raum von mehr als 40,000 geographischen Meilen; mithin ist die Geschwindigkeit desselben beinahe 976000 mal größer als die des Schalls; daher sehen wir den Blitz einer in großer Entfernung abgeschossenen Kanone weit eher als wir den Knall vernehmen, daher folgt auch der Donner nach dem Blitze; und da man weiß, daß der Schall 1038 Fuß in einer Secunde durchläuft, so läßt sich daraus die Entfernung eines Gewitters berechnen.

Man weis, daß ein Schrotkorn von 3 Gran mit der Ge-

schwindigkeit einer Kanonenkugel geschossen, einen Menschen durchbohrt; nun ist aber die Geschwindigkeit des Lichtes anderthalb Millionenmal größer, mithin würde ein Lichttheil, wenn er auch anderthalb Millionenmal kleiner wäre als jenes Schrotkorn, also den 500000 Theil eines Grans wöge, noch dieselbe Wirkung hervorbringen; ja, wenn ein Lichttheilchen nur den millionsten Theil eines Grans schwer wäre, so würde es noch alles zerstören, was es träfe, weil die Wirkung eines bewegten Körpers das Produkt aus seiner Masse in die Geschwindigkeit ist. Nun bemerken wir aber nicht den mindesten Eindruck oder Stoß auf eines unserer empfindlichsten Organe, auf das Auge, woraus wir zu schließen berechtigt sind, daß die Masse des Lichtes bei seiner ungeheuren Schnelligkeit unendlich gering und seine Feinheit noch erstaunenswerther als seine Geschwindigkeit ist. Diese außerordentliche Feinheit des Lichtes hat einige Naturforscher bewogen einen eigenen Lichtstoff zu läugnen, und die Erscheinungen des Lichtes aus einer gewissen Erschütterung der Luft ꝛc. ähnlich der Schallfortpflanzung zu erklären. Dagegen streiten aber die chemischen Wirkungen des Lichtes, wovon wir beim Schall oder bei andern Erschütterungen nichts beobachten können, so wie auch die Thatsache, daß das Licht den leeren Raum selbstständig auszufüllen vermag.

Da sich die Lichtstrahlen nach allen Richtungen durchkreuzen können ohne sich in ihrer Bahn zu stören, so nahm Newton an, das Licht sey eine discrete Flüssigkeit, d. h. seine Theilchen seyen weit von einander entfernt und erscheinen uns dessen ungeachtet wegen der ungeheuer schnellen Bewegung als ein Continuum, worüber wir freilich nichts wissen können, weil nach angestellten Versuchen der Eindruck des Lichtes auf das Auge nicht unter 6 und nicht über 30 Terzien dauert, weßhalb wir auch eine im Kreise schnell

herum geschwungene Kohle als ein leuchtendes Continuum sehen.

Die strahlende Bewegung des Lichtes macht, daß hinter undurchsichtigen Körpern ein gewisser Raum nicht beleuchtet wird, und dieser Raum heißt Schatten. Derjenige Theil desselben, auf welchen gar keine directen Strahlen des leuchtenden Körpers fallen, heißt Kernschatten, oder Schlagschatten; der andere Theil, wohin nur einige Strahlen des leuchtenden Körpers kommen können, heißt Halbschatten. Die Größe und Figur des Schattens richtet sich sowohl nach der Figur des undurchsichtigen Körpers, als auch nach der Größe, Entfernung und Lage des Lichtes. Alles dieses, so wie die Erscheinung verschiedener Schatten, welche mehrere zugleich brennende Lichter geben, läßt sich leicht in jedem Zimmer durch Versuche mit Kerzenlichtern finden.

Finsterniß ist Abwesenheit des Lichtes, oder ein Schatten dessen Grenzen man nicht sieht; so befinden wir uns zur Nachtzeit im Schatten der Erde. Gewöhnlich werden die Schatten theils von dem zurückgeworfenen Lichte der erleuchteten Körper, und theils auch vom phosphorischen Lichte etwas aufgehellet.

§. 137.

Katoptrik. Alle Körper haben die Eigenschaft von dem auffallenden Lichte einen gewissen Antheil zurück zu werfen, und dadurch dem Auge wahrnehmbar zu werden. Je mehr Licht zurückgeworfen wird, um so heller erscheint ein Körper, und so umgekehrt, je weniger Licht zurückgeschickt wird, um so dunkler oder schwärzer erscheint der Gegenstand. Diese Zurückwerfung nennt man Reflexion des Lichtes, und die Lehre davon heißt Katoptrik.

Körper mit rauher oder matter Oberfläche zerstreuen das Licht nach allen Richtungen. Läßt man daher durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer einen Büschel Lichtstrahlen fallen, so werden auf einer der Oeffnung gegenüberstehenden matten Fläche, z. B. auf einer mattgeschliffenen Glastafel, die vor der Oeffnung außerhalb des Zimmers befindlichen Gegenstände so abgebildet, daß man sie überall im Zimer sehen kann; darauf beruht die Einrichtung der Camera obscura. Ist die Oeffnung, durch welche das Licht einfällt, zu groß, so fallen auf jeden Punkt der Wand Lichtstrahlen von zu vielen Gegenständen, wir unterscheiden diese daher nicht mehr, sondern sehen nur Licht und durch dieses den Gegenstand, wovon es unmittelbar kömmt.

Von glänzenden Flächen hingegen werden die Lichtstrahlen nicht nach allen Richtungen, sondern nach den Gesetzen des Stoßes elastischer Körper zurückgeworfen. Fallen sie also perpendiculär auf, so werden sie in sich selbst zurückgeworfen. Fallen sie aber unter einem schiefen Winkel auf die glatte Fläche, so werden sie so zurück geworfen, daß der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich ist, und der zurückgeworfene Strahl in der Ebene bleibt, in welcher der einfallende Strahl und das Einfallsloth sich befinden. Es sey Fig. 93. (Taf. IX) a b eine reflectirende Ebene (ein Spiegel) und e d ein einfallender Lichtstrahl, so ist d der Einfallspunkt; die auf diesem Punkte senkrecht stehende Linie c d das Einfallsloth (der Perpendikel), und d f der reflectirte Lichtstrahl, e d c heißt der Einfallswinkel, c d f der Zurückstrahlungswinkel, und a d e der Neigungswinkel. Wenn also in einem verfinsterten Zimmer die der Oeffnung entgegengestellte Fläche ein ebener Spiegel ist, so wird man in demselben die Gegenstände zwar viel deutlicher,

aber nur bei einer gewißen Stellung gegen den Spiegel sehen.

Besäße ein Spiegel eine vollkommen glatte Oberfläche, so wäre er selbst unsichtbar wie ein vollkommen durchsichtiger Körper; allein alle unsere Spiegel sind nur unvollkommen glatt. Daher zerstreuen sie auch einen Theil des einfallenden Lichtes nach allen Richtungen, und so wird die Spiegelfläche selbst sichtbar. Alle tropfbaren Flüssigkeiten haben im Zustande der Ruhe eine glatte Oberfläche, und geben daher Spiegel ab; die besten sind die undurchsichtigen Flüssigkeiten z. B. Queckſilber. Metallspiegel haben den Vorzug vor Glasspiegeln, daß die Reflexion nur von einer Fläche ausgehet, mithin vollkommener ist, während jeder Glasspiegel zwei glänzende Flächen hat, eine vordere und eine hintere, welche belegt ist, wodurch wenigstens 2 Bilder zum Vorschein kommen.

Die Spiegel werden eingetheilt in ebene und krumme. Ein ebener Spiegel wirft die parallel einfallenden Strahlen parallel, die convergirenden convergirend, und die divergirenden Strahlen divergirend zurück, und zwar in derselben Convergenz und Divergenz, in welcher sie einfallen. Das Bild eines Gegenstandes zeigt sich daher da, wo die Verlängerung des zurückgeworfenen Strahls hinter dem Spiegel die von dem Gegenstande auf den Spiegel gezogene Perpendiculärlinie durchschneidet; es befindet sich also gerade so weit hinter dem Spiegel, als das Objekt vor demselben, doch so, daß die rechte Seite des Gegenstandes im Bilde links wird. Es sey Fig. 94. a b der Spiegel, und c der leuchtende Körper, oder der Gegenstand, wovon die Strahlen auf den Spiegel fallen, so werden diese Strahlen unter eben so großen Winkeln zurück geworfen, als sie auffallen, und sie müssen, wenn man die re-

flectirten Strahlen hinter den Spiegel hinaus verlängert, die Perpendicularlinie c d in demselben Punkte d durchschneiden; und so erscheint daselbst das Bild immer in der Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel.

Hieraus läßt sich einsehen, warum in einem Planspiegel, der unter 45 Grad gegen den Horizont geneigt ist, die Bilder von horizontal liegenden Gegenständen senkrecht, und die von senkrechten Gegenständen horizontal erscheinen. Es sey Fig. 95. a b der unter 45° geneigte Planspiegel, und c d der horizontal liegende Gegenstand; der aus dem Punkte c fallende Strahl c e wird nach f reflectirt, und zieht man das Loth c k g auf den Spiegel, und nimmt k g gleich c k, so muß sich in g das Bild des Punktes c darstellen; so wie die von dem Punkte d nach i reflectirten Strahlen das Bild dieses Punktes in h geben, wodurch das Bild aufrecht erscheint. Die Anwendung davon findet man in dem Perspectivkasten, im sogenannten magischen Perspectiv u. s. w.

In Spiegeln, welche parallel einander gegenüber gestellt sind, erscheint der zwischen denselben befindliche Gegenstand unzählige Mal, weil jedes Bild der Gegenstand eines neuen Bildes wird, allein mit immer schwächer werdenden Lichte, und zwar so, daß die Bilder endlich nicht mehr bemerkt werden.

Zwischen Spiegeln aber, die einen einwärts gehenden Winkel mit einander machen, erscheint jeder Gegenstand so viel mal weniger Eins, als die Grade des Winkels in 360 enthalten sind. Hierauf gründet sich die Einrichtung des Kaleidoskops.

Von krummen Spiegeln giebt es zwei Hauptklassen, erhabene (convexe) und hohle (concave); übrigens können sie sphärische, parabolische, eliptische, cylindrische

oder konische Spiegel seyn. Die sphärischen- oder Kugelspiegel, deren spiegelnde Fläche die Gestalt einer Kugel oder eines Kugelabschnittes hat, sind die bekanntesten. Eine gerade Linie durch den Mittelpunkt der Kugel, zu welcher der sphärische Spiegel als Abschnitt gehört, und durch die Mitte des Spiegels, nennt man die Axe desselben.

Ein convexer, sphärischer Spiegel zerstreuet die parallel auffallenden Strahlen so, als kämen sie von einem Punkte, der hinter dem Spiegel um die Hälfte des Halbmessers von der Spiegelfläche absteht, und der negative Brennpunkt genannt wird; daher erscheinen die Bilder in convexen Spiegeln aufrecht und verkleinert. Es seyen Fig. 97. g h parallel auffallende Strahlen, so werden sie sich hinter dem convexen Spiegel a b bei c in einem Punkt vereinigen, weßhalb das Bild des Gegenstandes g h verkleinert erscheinen muß.

Ein sphärischer Hohlspiegel hingegen, vereiniget durch Reflexion die parallel einfallenden Lichtstrahlen in einem Punkte, welcher vor dem Spiegel in seiner Axe in dem Halbirungspunkte des Halbmessers desselben liegt. Diesen Punkt nennt man den Brennpunkt (Focus), weil durch die darin gesammelten Sonnenstrahlen die größte Hitze hervorgebracht werden kann. Diejenigen parallelen Strahlen, welche weiter von der Axe entfernt einfallen, werden etwas stärker gebrochen, und schneiden deßhalb die Axe näher bei der Spiegelfläche. Divergirend einfallende Strahlen eines im Brennpunkte befindlichen leuchtenden Körpers werden durch Zurückwerfung parallel. Es sey Fig. 98. a b ein Hohlspiegel und c sein Brennpunkt, so werden die parallel einfallenden Strahlen d d d d einwärts gebrochen, und bei c in einem Punkte vereiniget. Die von diesem Brennpunkte aus-

gehenden divergirenden Strahlen hingegen werden von dem Spiegel in parallele verwandelt.

Die Entfernung des Brennpunktes vom Spiegel heißt die Brennweite (Focaldistanz); sie hängt von der Größe des Halbmessers der Kugel ab, wovon der Hohlspiegel ein Segment ist. Ein im Brennpunkte befindlicher Gegenstand giebt in einem Hohlspiegel gar kein, oder ein unendlich entferntes Bild, weil die divergirend einfallenden Strahlen parallel zurück geworfen werden. Befindet sich aber der Gegenstand Fig. 98. e e zwischen dem Hohlspiegel und seinem Brennpunkte, so erscheint sein Bild f f vergrößert hinter dem Spiegel. Steht aber der Gegenstand Fig. 99. e e hinter dem Brennpunkte, so macht er ein verkehrtes verkleinertes Bild f f vor dem Hohlspiegel, weil die zurückgeworfenen Strahlen hinter den Spiegel verlängert, die Axe nirgends schneiden, mithin kann das Bild nicht hinter dem Spiegel erscheinen. Das vor demselben zum Vorschein kommende verkleinerte und verkehrte Bild nennt man ein Luftbild.

Wegen der Eigenschaft der Hohlspiegel, die von dem Brennpunkte divergirend ausgehenden Strahlen in paralleler Richtung weit zurück zu werfen, bedient man sich derselben zur Erleuchtung entfernter Gegenstände, indem man in ihren Brennpunkt eine Lampe setzt; dieß sind die sogenannten Scheinlampen oder Reverberen.

Die parabolischen Hohlspiegel haben vor den sphärischen den Vorzug, daß sie sowohl die der Axe nahen, als auch die in der Nähe des Randes einfallenden parallelen Strahlen genau in einem Brennpunkte vereinigen, und ein genaues scharfes Bild machen, was die sphärischen Hohlspiegel nicht thun, besonders wenn die Kugel, wovon sie ein Segment sind, einen großen Durchmesser hat; deßhalb

sucht man dem Objektivspiegel bei Spiegelteleskopen eine parabolische Figur zu geben.

Die cylindrischen und conischen Spiegel stellen die Bilder regelmäßiger Figuren verzerrt dar, weil sie nach einer Richtung als Planspiegel, nach der andern, darauf senkrechten Richtung aber als Kugelspiegel wirken. Es lassen sich aber nach gewißen Regeln verzerrte Figuren zeichnen, welche in einem cylindrischen oder conischen Spiegel regelmäßige Bilder geben; sie werden catoptrische Anamorphosen genannt, und zu optischen Spielereien gebraucht.

§. 138.

Dioptrik. Wenn das Licht aus einem durchsichtigen Mittel in ein anders, z. B. aus der Torrizellischen Leere in das Glas, daraus in die Luft, aus dieser in das Wasser u. s. w. übergeht, so wird es von seiner geraden Bahn abgezogen, und unter einem bestimmten Winkel neuerdings geradlinig fortgeleitet. Dieses nennt man die Brechung (Refraction) des Lichtes, oder Strahlenbrechung, und die Lehre davon heißt Dioptrik. Die Ursache der verschiedenen Strahlenbrechung liegt wahrscheinlich in der chemischen Verwandtschaft zwischen Licht oder deren Bestandtheilen und den wägbaren Stoffen, denn sie richtet sich hauptsächlich nach der chemischen Constitution der Körper und nach dem Grade ihrer Dichtigkeit; daher hat schon Newton aus der starken strahlenbrechenden Kraft des Diamants geschlossen, daß dieser ein brennbarer Körper sey, was sich erst durch spätere chemische Versuche bestätiget hat. Die Strahlenbrechung findet an der Grenze der Körper Statt, und geht nach der Natur und Dichtigkeit des Mediums, entweder zum oder vom Einfallslothe, d. h. der Strahl nähert sich, oder entfernt sich von demselben.

Senkrecht auf die brechende Fläche fallende Strahlen stellen das Einfallsloth oder den Perpendikel dar, und werden nicht gebrochen; die Gesetze der Strahlenbrechung beziehen sich daher nur auf schief einfallende Strahlen. Es sey Fig. 96. a a a a Glas, über und unter demselben Luft; d e ist das Einfallsloth, und b c ein schief auffallender Lichtstrahl. Wegen der Anziehung des Glases zum Lichte, wird der Strahl b c von seiner geraden Bahn b f abgelenkt und nach g einwärts gebrochen, und zwar so, daß er sich dem Einfallslothe d e nähert. Beim Austritt des Strahles aus dem Glase in die Luft wird er von seinem geraden Wege c h wieder auswärts nach g i gebrochen, dergestalt, daß er sich vom Einfallslothe wieder entfernt. Der Strahl b c heißt der einfallende Strahl; der Punkt c der Einfallspunkt; der Winkel b c d der Einfallswinkel; c g der gebrochene Strahl; e g c der Brechungswinkel und g c f der gebrochene Winkel.

Die allgemeinen Gesetze der Strahlenbrechung sind folgende:

1) Wenn der Lichtstrahl aus einem dünnern Mittel in ein dichteres fällt, so geht der gebrochene Strahl zum Einfallsloth (Fig. 96. der Strahl b c statt nach f nach g); fällt er hingegen aus einem dichtern Medium in ein dünneres, so geht er vom Einfallsloth (also der Strahl c g statt nach h nach c).

2) Das Brechungsverhältniß, d. h. das Verhältniß des Einfallswinkels zum Brechungswinkel richtet sich nach der Dichtigkeit und nach der chemischen Constitution der Körper zugleich, und zwar so, daß brennbare Stoffe bei gleicher Dichtigkeit das Licht stärker brechen als verbrannte; z. B. Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Aether, Alkohol, Oele, Diamanten u. s. w. brechen das Licht stärker als at-

mosphärische Luft, Wasser, Säuren, Glas ꝛc. Der Grad der Brechung wird nach dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels bestimmt; so hat man gefunden daß zwischen Luft und Glas der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, oder (Fig. 96.) $\frac{b\ d}{b\ c}$ zu $\frac{e\ g}{g\ c}$ sich wie 3 : 2 verhält, zwischen Luft und Wasser wie 4 : 3.

Newton hat durch viele Versuche gezeigt, daß bei gleichförmiger Dichtigkeit und unveränderter Constitution des brechenden Mittels das Brechungsverhältniß eine constante Größe ist. Biot und Arrago bestätigten dieß durch neuere Versuche, und sie fanden sogar, daß sich aus der Größe der Strahlenbrechung das quantitative Mischungsverhältniß verschiedener Gasarten in den meisten Fällen mit Genauigkeit berechnen lasse *).

3) Wenn Strahlen durch ein brechendes Mittel hindurch gehen, dessen beide Oberflächen eben und parallel sind, so müßen sie nach der zweimaligen Brechung parallel mit ihrer ersten Richtung bleiben; parallele Strahlen bleiben also parallel, convergirende convergirend, divergirende divergirend. Ganz anders ist aber der Erfolg, wenn die Oberflächen des Mediums krumm oder unter irgend einem Winkel geneigt sind. Convexe Oberflächen machen parallele Strahlen convergirend; divergirende weniger divergirend oder parallel, die convergirenden aber noch mehr convergirend. Concave Oberflächen hingegen machen die parallelen Strahlen divergirend, die convergirenden aber parallel, die divergirenden endlich noch mehr divergirend. Wenn die

*) Gilberts Ann. XXV. 345. und XXVI. 36. u. f. w.

Flächen eines brechenden Mittels zwar eben, aber unter irgend einem Winkel geneigt sind, so wird der Lichtstrahl eine Ablenkung von der geraden Richtung erleiden, welche der Neigung dieser Flächen und der Größe des Einfallswinkels proportional ist.

4) Ist ein durchsichtiges Medium von ungleicher Dichtigkeit, so ist auch die Strahlenbrechung verschieden; nimmt die Dichtigkeit allmählig zu, wie dieses z. B. bei der Atmosphäre der Fall ist, so erhält der durchgehende Lichtstrahl eine regelmäßig gekrümmte Richtung.

Anmerkung. Aus diesen Gesetzen lassen sich verschiedene Erscheinungen leicht erklären; warum z. B. ein in Wasser getauchter Stab an der Oberfläche des Wassers wie gebogen erscheint, warum ein in Wasser schwimmender Körper z. B. ein Fisch der Oberfläche des Wassers ungefähr um den vierten Theil näher zu seyn scheint, als er wirklich ist, worauf beim Fischschießen Rücksicht genommen werden muß; warum das klare ruhige Wasser weniger tief zu seyn scheint als es wirklich ist u. s. w. Auf der Strahlenbrechung beruhen auch mehrere physikalische Erscheinungen, z. B. die Morgen- und Abenddämmerung, die Luftspiegelung, Kimmung, Fata morgana, d. h. wunderbare Gebilde durch ungewöhnliche irdische Strahlenbrechung. Lichtstrahlen, die von einem Sterne zu uns herabkommen, treten immer in dichtere Luftschichten, je mehr sie sich der Erde nähern, und müssen daher nach dem Einfallsloth, d. h. nach der Vertikallinie zu abgelenkt werden. Die Sterne erscheinen uns aus diesem Grunde höher über den Horizont als sie wirklich stehen.

§. 139.

Dioptrische Gläser. Die merkwürdigste und nützlichste Anwendung der Gesetze der Strahlenbrechung ist die durch erhaben und hohl geschliffene Gläser, welche man dioptrische Gläser nennt. Sie haben folgende Namen: (Fig. 100.) a) Planglas, b) Planconvex, c) Planconcav, d) Biconvex, e) Biconcav, f) Meniscus, g) Convexconcav. Die gerade Linie, welche durch den Mittelpunkt der Linse geht, und auf beiden brechenden Flächen derselben senkrecht steht (x y), heißt die Axe der Linse.

Convexe Gläser vereinigen oder vielmehr schneiden, die nahe bei der Axe parallel auffallenden Strahlen hinter dem Glase in einem Punkte, welcher der Brennpunkt (Focus) ist; solche Linsen heißen daher auch Sammlungsgläser; sie dienen als Brennglas, und wirken als solches desto stärker, je größer ihre Oeffnung und je kleiner ihre Brennweite ist, indem sie um so mehr Sonnenstrahlen im Brennpunkte vereinigen, und die stärkste Hitze hervorbringen.

Die Brennweite, d. h. die Entfernung des Brennpunktes von der Linse, findet man, wenn man das Produkt aus den Zahlausdrücken der Halbmesser der vordern und der hintern Krümmung durch die halbe Summe beider Halbmesser dividirt. Eine biconvexe Linse mit gleicher Krümmung auf beiden Seiten hat zu ihrer Brennweite den gemeinschaftlichen Halbmesser dieser Krümmungen. Bei planconvexen Gläsern ist die Brennweite dem Durchmesser der Krümmung gleich. Man kann den Brennpunkt auch ohne Rechnung finden, wenn man die Sonnenstrahlen oder das Bild eines weit entlegenen Gegenstandes durch die Linse

auf ein Papier fallen läßt, und sie so lange vom Papiere abbewegt, bis das Sonnenbild am kleinsten, oder das Bild des Gegenstandes vollkommen deutlich und scharf begränzt wird. Aber nur die Strahlen, welche nahe bei der Axe des Glases einfallen, werden in dem Brennpunkte vereinigt; die nach dem Rande der Linse zu auffallenden Strahlen vereinigen sich etwas näher beim Glase; daher machen alle Linsen von merklicher Weite kein scharfes und deutliches Bild; diesen Umstand nennt man die Abweichung der Strahlen wegen der Kugelgestalt des Glases.

Strahlen, welche aus dem Brennpunkte eines convexen Glases divergirend auf die Linse fallen, werden nach der Brechung parallel; daher bedient man sich der convexen Gläser, um Gegenstände durch eine Lichtflamme stark und gleichförmig zu erleuchten. Kommen divergirende Strahlen aus einem Punkte der Axe, der weiter als der Brennpunkt von der Linse entfernt ist, so werden sie nach der Brechung hinter dem Glase convergirend, sie vereinigen sich also wieder in einem Punkte der Axe, der aber weiter als der Brennpunkt von der Linse entfernt ist. Convergirend auf die Linse fallende Strahlen vereinigen sich zwischen dem Brennpunkte und der Linse.

Wenn ein Gegenstand so weit von der Linse entfernt ist, daß die aus einem Punkte desselben ausfahrenden Strahlen als parallel betrachtet werden können, so fällt das Bild in den Brennpunkt, und zwar verkehrt. Steht hingegen der Gegenstand in dem Brennpunkte selbst, so ist kein Bild möglich, weil die Strahlen, die aus einem Punkte ausgehen, parallel werden. Steht der Gegenstand weiter als der Brennpunkt von der Linse ab, doch so nahe, daß aus einem Punkte wirklich divergirende Strahlen auf die Linse fallen, so erscheint ein umgekehrtes Luftbild hinter

der Brennweite dort, wo sich die Strahlen durchkreuzen. Es sey Fig. 101. a b eine biconvexe Linse und c d der Gegenstand, so gehen die von c ausgehenden Strahlen hinter dem Glase nach e, und jene von d ausgehenden nach f, und geben mithin ein verkehrtes Bild. Je näher der Gegenstand dem Glase rückt, desto weiter entfernt sich das Bild hinter dem Glase, bis es endlich verschwindet sobald der Gegenstand in den Brennpunkt kömmt.

Concave Gläser zerstreuen die parallelen Lichtstrahlen, und heißen daher auch Zerstreuungsgläser. Selbst convergirend einfallende Strahlen werden minder convergirend oder parallel, daher ist es leicht begreiflich, daß Hohlgläser keinen wahren Brennpunkt haben und kein Luftbild geben können.

§. 140.

Doppelte Strahlenbrechung. Versuche und Beobachtungen haben gezeigt, daß alle durchsichtigen Krystalle, welche nicht in das System der Sphäroeder (§. 72.) gehören, die Eigenschaft besitzen, die durchgehenden Lichtstrahlen nach zwei Richtungen zu brechen, und zwar so, daß immer ein Strahl die gewöhnlichen Gesetze der Brechung, der andere aber ungewöhnliche befolgt. Diese Erscheinung nennt man doppelte Strahlenbrechung.

Sie rührt von der mechanischen Struktur; d. h. von dem Blätterdurchgange der Krystalle her, und wird von der Lage der Hauptaxe des Krystalls bedingt, welche auf einen Theil des Lichtes entweder zurückstoßend oder anziehend zu wirken scheint.

Die doppelte Strahlenbrechung wurde zuerst an dem isländischen Kalkspathe, welcher in Rhomboedern krystallisirt, beobachtet; weßhalb man dieses Mineral auch Doppel-

spath nannte. In der neuern Zeit fand man, daß auch viele andere durchsichtige und regelmäßig krystallisirte Mineralien diese Eigenschaft besitzen, jedoch weniger ausgezeichnet, und unter andern Brechungsverhältnissen. Biot fand sogar diese Eigenschaft auch bei gewißen Flüssigkeiten, z. B. Terpentinöl.

Wir wollen hier die Erscheinung am Doppelspathe etwas näher betrachten. Nehmen wir (Taf. III.) Fig. 28. als Kalkspathrhomboeder, so haben wir zwischen a b die Hauptaxe, und nach der Richtung von a i r b einen Hauptschnitt. Alle Lichtstrahlen, welche nicht auf eine entweder mit der Axe parallele, oder auf ihr senkrechte Fläche fallen, erleiden die doppelte Strahlenbrechung. Da nun keine Fläche mit der Axe parallel ist, oder auf ihr senkrecht steht, so müssen alle Strahlen, die auf irgend eine der 6 Rhombenflächen fallen, doppelt gebrochen oder gespalten werden. (Taf. IX.) Fig. 102. stellt nun den Durchschnitt dieses Krystalls nach dem Hauptschnitte a i r b dar. e f, g f und h f sind einfallende Lichtstrahlen; e f wird in f k und f x g f in f m und f x, h f endlich in f l und f x gespalten; f x bedeutet bei jedem den auf ungewöhnliche Weise gebrochenen Theil des Strahls, welcher beim Kalkspath stets weiter als der auf gewöhnliche Weise gebrochene Theil des Strahls von der Linie f z entfernt liegt, die man sich parallel mit der Axe auf den Einfallspunkt gezogen denkt; demnach wirkt hier die Axe auf einen Theil des gebrochenen Lichtes repulsiv, dasselbe ist der Fall beim Arragonit, Apatit, Beryll ꝛc. Bei verschiedenen andern Krystallen hingegen, z. B. beim Quarz, Schwerspath, Gyps, Topas, nähert sich der auf ungewöhnliche Weise gebrochene Theil des Strahls der Richtung der Axe, welche in diesem Falle attractiv zu wirken scheint.

Anmerkung. Man kann sich leicht Krystalle des isländischen Kalkspaths verschaffen, und die verschiedenen Erscheinungen der doppelten Strahlenbrechung selbst beobachten. Legt man einen solchen Krystall auf einen schwarzen Punkt, den man auf weißes Papier gemacht hat, so wird man zwei Punkte sehen, die bei jeder Richtung einen gleichen Abstand haben. Legt man aber auf den Krystall einen zweiten von gleicher Dicke mit entgegengesetzter Richtung der Axe, so verschwinden die doppelten Bilder, und es entsteht ein einfaches von doppelter Intensität. Legt man den Krystall auf eine schwarze Linie, so, daß dessen Axe mit derselben parallel läuft, so fallen die doppelten Bilder zusammen, dreht man hingegen den Krystall, bis sich die Linie und die Axe rechtwinklich schneiden, so entfernen sich die doppelten Bilder am weitesten. Am deutlichsten sieht man dieß, wenn man zwei, einen rechten Winkel bildende Linien auf weißem Grunde durch Doppelspath betrachtet, so daß die eine derselben mit der Krystallisations-Axe parallel läuft, und dann einen zweiten Krystall von gleicher Dicke auf denselben liegend, um seine horizontale Ebene dreht; es zeigt sich hierbei am deutlichsten, wie die einzelnen Quantitäten des Lichtes durch doppelte Brechung nach beiden Seiten sich theilen u. s. w.

Biot sieht die ungewöhnliche Strahlenbrechung als den Erfolg abstoßender und anziehender Kräfte an, die auf einen Theil des einfallenden Lichtes so wirken, als wäre ihr Sitz in der parallel mit der Axe auf den Einfallspunkt gezogenen Linie. Er denkt sich das Licht als kleine, um ihren Schwerpunkt be-

wegliche Theilchen, die gleich Magneten mit entgegengesetzten Polen begabt sind, welche von den Körpern entweder angezogen oder abgestoßen, oder nicht afficirt werden, und durch Brechung oder Reflexion eine bestimmte Richtung bekommen können. Wenden sich die gleichnahmigen Pole nach einer Seite, so nennt man dieß Polarisation des Lichtes *).

§. 141.

Lichtpolarisation durch Reflexion. An die doppelte Strahlenbrechung, welche als Lichtpolarisation durch Brechung erscheint, schließt sich eine andere Eigenschaft des Lichtes an, welche von Malus in Paris entdeckt und Polarisation durch Reflexion genannt worden ist. Wenn nämlich ein Lichtstrahl (Fig. 103.) r d auf eine unüberlegte mit schwarzem Papier foliirte Spiegelfläche a b unter einem Winkel von 35° 25′ auffällt, so wird der größte Theil des Lichtes zurückgeworfen, und zwar so, daß der zurückgeworfene Strahl mit dem Spiegel gleichfalls einen Winkel von 35° 25′ macht. Fängt man diesen zurückgeworfenen Strahl d e mit einer zweiten der ersten parallel gestellten Spiegelplatte g h auf, so muß der Lichtstrahl d e auf diese zweite

*) Ueber die doppelte Strahlenbrechung und Polarisation des Lichtes kann man ausführlich nachlesen in Biot's Traité de Physique T. IV. p. 253 — 600. ferner in den Abhandlungen von Malus, Biot, Wollaston, La Place, Arrago, Tralles, Kramp, Munke, Brewster, Seebeck und Bernhardi in Gilberts Annalen Bd. XXXI. XXXII. XXXVII. XXXIII. XL. XLVI. LVI. LVII. LX. LXIV., ferner in Schweiggers Journal für Chemie und Physik VII. XII. XVII. XXI. XXV.

Spiegelplatte gleichfalls unter einem Winkel von 35° 25′ einfallen, und reflectirt werden, und die Reflexions-Ebenen der von beiden Spiegeln zurückgeworfenen Lichtstrahlen r d und e f werden zusammen fallen. Dreht man aber die zweite Spiegelplatte, ohne ihre Neigung gegen den einfallenden Lichtstrahl d e zu verändern, so lange nach der einen oder andern Seite, bis ihre Reflexions-Ebene mit jener der ersten Spiegelplatte einen rechten Winkel macht, so wird nach allmähliger Abnahme endlich gar kein Licht mehr reflectirt, dreht man sie noch weiter herum, so wird das Licht wieder anfangen reflectirt zu werden.

In diesem Versuche ist das Licht durch Reflexion auf der ersten Spiegeltafel a b polarisirt worden, und nachdem es nun mit der einen Seite eines oder des andern Poles die zweite Spiegelplatte trifft, wird es entweder durchgelassen oder zurückgeworfen. Das polarisirte Licht unterscheidet sich also dadurch, daß es unter gewißen Umständen anders gebrochen und zurückgeworfen wird als das Nichtpolarisirte.

Unbelegte Spiegelplatten zeigen die polarisirende Wirkung am besten, obgleich auch andere Körper jedoch nach ihrer brechenden Kraft in verschiedenen Graden dieselbe Eigenschaft besitzen. Schulze-Montanus hat eine eigene Vorrichtung erfunden, um die Lichtpolarisations-Versuche mit Bequemlichkeit anstellen zu können *).

Geht der polarisirte Lichtstrahl durch vollkommen in dünnen Blättern, krystallisirte durchsichtige Körper z. B. durch blätterigen Gyps, oder Glimmer, so zeigt sich beim Umdrehen derselben ein vierfacher Wechsel der Intensität des po-

*) Gilberts Annalen. LVI. 427. u. f. f.

larisirten Lichtstrahls mit einem wunderschönen nicht zu beschreibenden Farbenspiel. Durch verschiedene krystallisirte Körper, durch mehrfach auf einander gelegte Glimmerblättchen, durch Glastafeln, Glaswürfel u. s. w. lassen sich die Gesetze der Lichtpolarisation in den überraschendsten Farben-Erscheinungen darstellen.

§. 142.

Farben. Zu den merkwürdigsten und nützlichsten Eigenschaften des Lichtes gehört die Erzeugung der Farben. Daß diese aus ungefärbtem Lichte, auf ungefärbten Körpern, durch Strahlenbrechung und Polarisation des Lichtes entstehen können, zeigen uns außer den vorhin (§. 141.) gedachten, noch verschiedene andere theils sehr bekannte Erscheinungen. Wenn z. B. sehr dünne Lagen von Körpern, vorzüglich von durchsichtigen, von andern durchsichtigen Körpern begränzt sind, so kommen unter gewissen Umständen die Farben des Regenbogens zum Vorschein; so fand Newton, daß zwei convexe Linsen von sehr großer Brennweite, oder eine solche Linse und ein Planglas auf einander gelegt, so daß die Flächen derselben in einem sehr kleinen Winkel divergiren, folgende Farben-Erscheinung geben: In dem Punkte ihrer Berührung entsteht ein schwarzer Punkt umgeben von einem weißen Kreise, und nach diesem von einer unbestimmten Mengen regenbogenfarbiger concentrischer Kreise. Aehnliche Regenbogenfarben sieht man, wenn ein Tropfen Oel auf einer großen Wasserfläche sich ausbreitet; auch auf der Fläche einiger krystallisirten ungefärbten Mineralien, welche feine Spalten haben, worin sich die Lichtstrahlen brechen z. B. auf Gypsspath, Bergkrystall u. s. w. Aus einer ähnlichen Brechung des Lichtes entsteht auch das farbige Schillern, des, der freien Luft und den

Sonnenstrahlen ausgesetzten Glases, der Seifenblasen, der Perlmutter, der Fischschuppen, der Schmetterlingsflügel, der Federn einiger Vögel; eben so das Farbenspiel des angelaufenen Stahls, des labradorischen Feldspaths, des buntangelaufenen Brauneisensteins, des Eisenglanzes u. s. w. Am schönsten zeigt sich dieß Farbenspiel, wenn das von weißen Wolken, oder nur von der Luft reflectirte Licht auf schillernde Körper fällt.

Die meisten und lehrreichsten Versuche, über die Entstehung der Farben aus ungefärbtem Lichte, wurden seit Newton mit einem ungefärbten dreiseitigen Prisma angestellt. Man lasse in ein verfinstertes Zimmer, durch eine enge runde Oeffnung im Fensterladen, einen Büschel von Sonnenstrahlen, senkrecht auf eine weiße Fläche fallen, und halte ein dreiseitiges Glasprisma so vor die Oeffnung, daß die eine Kante, welche man die Brechungskante nennt, nach unten gekehrt ist, so erscheint auf der entgegengehaltenen weißen Fläche, etwas höher als das runde und ungefärbte Sonnenbild ohne Prisma erschienen wäre, ein längliches farbiges Bild, welches folgende sieben Farben von unten nach oben gerechnet, zeigt. 1) roth, 2) orange, 3) schwefelgelb, 4) grün, 5) hellblau, 6) dunkelblau, 7) violett. Diese Farben nennt man prismatische, oder; weil sie im Regenbogen aus einer ähnlichen Ursache eben so erscheinen, Regenbogenfarben, und das gesammte Bild heißt das Farben-Spectrum oder gefärbte Sonnenbild.

Fängt man die durch das Prisma erzeugten farbigen Strahlen mit einer Glaslinse auf, so vereinigen sie sich in deren Brennpunkte wieder zum ungefärbten Sonnenlichte.

Läßt man die gefärbten Strahlen einzeln nach einander mittelst einer mechanischen Absonderung, nämlich durch die Oeffnung eines zweiten vertikal aufgerichteten Bretes, auf

ein zweites Prisma fallen, so wird der gefärbte Strahl zwar gebrochen, aber nicht weiter verändert.

Läßt man die gefärbten Strahlen einzeln auf ein Brennglas fallen, so zeigt sich, daß ihre Brennweite ungleich ist; der Brennpunkt des rothen Strahls ist am weitesten von der Linse, der des violetten Strahls hingegen am nächsten.

Schöner und deutlicher zeigen sich die prismatischen Farben in Gestalt sieben über einander stehender Kreise, wenn man die Lichtstrahlen durch ein convexes Glas fallen läßt, ehe sie durch das Prisma gehen.

Wird die Brechungskante des Prisma nach oben gerichtet, so erscheint das Farbenbild unterhalb der Stelle, wo das runde ungefärbte Sonnenbild ohne Prisma zum Vorschein gekommen wäre, und zwar verkehrt, indem die rothe Farbe nun die oberste, und die violette die unterste ist.

Die genannten sieben Farben sind im Sonnenbilde nicht scharf begränzt, sondern gehen durch unmerkliche Schattirungen in einander über.

Die leuchtende Kraft der sieben gefärbten Strahlen ist nicht gleich; in der Mitte des Sonnenbildes in den grünen und gelben Strahlen ist sie am größten, gegen die beiden Enden zu nimmt sie ab.

Merkwürdig ist es auch, daß die chemischen Wirkungen der verschiedenen gefärbten Strahlen ungleich, nämlich in dem blauen Lichte am schnellsten und stärksten ist, und daß die erwärmende Kraft gerade umgekehrt am meisten gegen den rothen Strahl hin angetroffen wird (§. 151.).

Die prismatischen Farben kommen auch ausserdem zum Vorschein, wenn man gut beleuchtete Gegenstände durch das Prisma betrachtet. Z. B. wenn man einen weißen

Seitenfaden horizontal vor einem Fenster ausspannt, und ihn durch ein Prisma mit horizontaler Axe in einer gewissen Entfernung betrachtet, wobei sich das Ganze in die prismatischen Farben auflöst.

Diese farbenerzeugende Eigenschaft besitzt übrigens nicht nur das Sonnenlicht, sondern auch jedes andere weiße Licht, z. B. das elektrische Licht, das Kerzenlicht u. s. w.

Zu den besonders merkwürdigen Eigenschaften des Lichtes gehören noch einige von Frauenhofer in München neu entdeckte Wirkungen der Brechung und Polarisation desselben. Dieser Physiker ließ einen Lichtstrahl durch eine feine Ritze in ein verfinstertes Zimmer auf ein Prisma fallen, welches sich vor dem Objectivglase eines Fernrohrs befand, und sah nun in dem horizontalen Farbenbilde vertikale dunkle Linien, welche sich durch vielfältig abgeänderte Versuche in der Natur des Lichtes selbst gegründet zeigten. Das von der Venus und vom Monde reflectirte, Sonnenlicht zeigte dieselben dunklen Linien. Das Licht eines Fixsternes, das elektrische Licht und das Lampenlicht hingegen zeigten helle Linien, von ganz anderer Art.

Eine andere Modification des Lichtes durch wechselseitige Einwirkung und Beugung, entdeckte Frauenhofer dadurch, daß er den Lichtstrahl anstatt durch das Prisma durch ein äußerst feines Gitter, oder durch feine Punkte weiter zertheilte und so auf das Objecktivglas eines Fernrohrs fallen ließ; in diesem entstunden mehrere Reihen von Nebenbildern alle mit den glänzendsten prismatischen Farben *).

---

*) Die optischen Wissenschaften haben seit einigen Jahren so außerordentlich große Fortschritte gemacht, daß es einem Compendium der Physik nur gestattet ist, Andeutungen zu geben, um nicht zu weitläufig zu werden. Frauenhofers Versuche und

Wenn ein feiner Strahl von ungefärbtem Lichte, durch eine enge Ritze, z. B. zwischen zwei scharfen Blechen in einen finstern Raum fällt, so entsteht an einer entgegenstehenden Fläche ein Lichtstreifen, welcher gleichfalls prismatische Farben spielt, doch so, daß die rothen zu äußerst die violetten aber nach innen liegen. Läßt man statt des ungefärbten Strahls ein farbiges Licht einfallen, so erhält das Bild abwechselnde Streifen von Licht und Schatten. Wird ein schmaler Körper, z. B. die Klinge von einem Federmesser, in einen Lichtstrahl gehalten, welcher durch eine enge Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, so erleidet der Lichtstrahl eine Abbeugung (Inflection) und es entsteht an der Wand ein breiterer Schatten als er der Dicke des Körpers angemessen wäre; zugleich werden um denselben andere Lichtstrahlen gebogen, welche als einzelne Streifen in seinen Schatten fallen. Bei dickern Körpern wird diese Inflection weniger auffallend beobachtet. Die sogenannten Höfe um den Mond und die Sonne scheinen von einer ähnlichen Beugung des Lichtes an den Wasserbläschen des Nebels oder feiner Wolken herzurühren.

Was die Brechbarkeit der gefärbten Strahlen betrifft, so hat der violette den größten, und der rothe den kleinsten Brechungswinkel; das Verhältniß beider gegen einander ist wie 1,56 zu 1,54 oder 78 zu 77. So wie sich die verschiedenen gefärbten Strahlen in Hinsicht der Brechbarkeit verhalten, so verhalten sie sich auch in Hinsicht der Reflexion und Beugung. Was man Lichtzerstreuung oder

---

Entdeckungen findet man ausführlich theils in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in München, und theils in Gilberts Annalen der Physik. LVI. 264—313. LXXII. 268—276. und LXXIV. 337—378.

Farbenzerstreuung bei der Brechung des Lichtes durch optische Gläser nennt, beruht gleichfalls auf der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, indem die Gestalt der Linsengläser nach dem Rande zu prismatisch ist, wodurch sich also die Strahlen des ungefärbten Lichtes nicht alle in einem Punkte vereinigen können, daher machen sie ein vielfarbiges undeutliches Bild; dieß ist eine Unvollkommenheit aller einfachen Linsengläser.

Fallen Sonnenstrahlen auf Nebel oder feine Regentröpfchen, so brechen sie sich darin auf ähnliche Weise, wie beim Durchgang durch das Prisma, und es entsteht ein Farbenbild, welches der Regenbogen ist.

Newton schloß aus seinen Versuchen mit dem Prisma, daß das ungefärbte Licht aus sieben farbigen Strahlen zusammengesetzt sey, und durch das Prisma in seine Bestandtheile zerlegt werde, indem jeder der farbigen Strahlen ein verschiedenes Brechungsverhältniß habe, endlich daß die farbigen Strahlen selbst einfach seyen. Dieses suchte man durch ein synthetisches Experiment zu beweisen. Man kann nämlich, obgleich die 7 Farben des gefärbten Sonnenbildes nicht scharf begränzt sind, doch finden, daß, wenn man das Farbenspectrum in 360 Theile theilt, das rothe Licht 45, das orange 27, das gelbe 48, das grüne 60, das hellblaue auch 60, das indigoblaue 40, und das violette 80 solcher Theile einnimmt. Wenn man nun diese Farben nach dem genannten Verhältnisse auf eine Scheibe neben einander aufträgt, und diese, von der Sonne beschienen, schnell dreht, so fließt der Eindruck von allen diesen farbigen Streifen im Auge zusammen, und die Scheibe erscheint weiß.

Da aber bekannt ist, daß einige der sieben prismatischen Farben selbst zusammengesetzt sind, nämlich orange aus roth und gelb, grün aus blau und gelb, violett

aus roth und blau, und daß nach der Erfahrung der Mahler aus Blau, Roth und Gelb, durch Beimischung von weiß und schwarz alle andern Farben zusammengesetzt werden können, so haben Tob. Mayer und mit ihm mehrere andere Physiker angenommen, daß das ungefärbte Licht nur aus drei gefärbten Strahlen nämlich aus roth, gelb, und blau zusammengesetzt sey, und daß die übrigen 4 Farben des Spectrums, als aus diesen gemischt angesehen werden müssen. Wünsch hingegen folgert aus seinen Versuchen über die Farben, daß nur die rothen, grünen und violetten Lichtstrahlen einfach seyen, und die übrigen aus deren Mischung entstehen.

Aus der Newtonischen Hypothese, oder aus deren eben angeführten Modification lassen sich leicht die verschiedenen Farben der Körper erklären; man braucht nämlich nur anzunehmen, daß die verschiedenen Stoffe eine ungleiche Verwandschaft zu den einzelnen gefärbten Strahlen oder zu dem Produkt ihrer Vermischung, nämlich zum ungefärbten Lichte, haben. Diejenigen Körper, welche die größte Verwandtschaft zum Lichte haben, absorbiren alle, oder doch die meisten Strahlen, es entsteht also Mangel an Licht, daher erscheinen diese Körper schwarz. Werden hingegen nur einige gefärbte Strahlen absorbirt und andere zurückgeworfen, so erscheinen die Körper jederzeit in den Farben der zurückgeworfenen Strahlen, woraus sich nicht nur die einfachen, sondern auch die verschiedenen gemischten Farben, z. B. braun, grau u. s. w. leicht erklären lassen. Diejenigen Körper aber, welche sehr wenig oder gar keine Verwandtschaft zum Lichte haben, werfen es größtentheils oder gänzlich unverändert zurück, erscheinen daher mit hellen Farben oder weiß. Substanzen, welche das gefärbte Licht besonders rein und intensiv zurück werfen, heißen Färbestoffe, Pigmente, Farben, und werden gebraucht,

Farbenzerstreuung bei der Brechung des Lichtes durch optische Gläser nennt, beruht gleichfalls auf der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, indem die Gestalt der Linsengläser nach dem Rande zu prismatisch ist, wodurch sich also die Strahlen des ungefärbten Lichtes nicht alle in einem Punkte vereinigen können, daher machen sie ein vielfarbiges undeutliches Bild; dieß ist eine Unvollkommenheit aller einfachen Linsengläser.

Fallen Sonnenstrahlen auf Nebel oder feine Regentröpfchen, so brechen sie sich darin auf ähnliche Weise, wie beim Durchgang durch das Prisma, und es entsteht ein Farbenbild, welches der Regenbogen ist.

Newton schloß aus seinen Versuchen mit dem Prisma, daß das ungefärbte Licht aus sieben farbigen Strahlen zusammengesetzt sey, und durch das Prisma in seine Bestandtheile zerlegt werde, indem jeder der farbigen Strahlen ein verschiedenes Brechungsverhältniß habe, endlich daß die farbigen Strahlen selbst einfach seyen. Dieses suchte man durch ein synthetisches Experiment zu beweisen. Man kann nämlich, obgleich die 7 Farben des gefärbten Sonnenbildes nicht scharf begränzt sind, doch finden, daß, wenn man das Farbenspectrum in 360 Theile theilt, das rothe Licht 45, das orange 27, das gelbe 48, das grüne 60, das hellblaue auch 60, das indigoblaue 40, und das violette 80 solcher Theile einnimmt. Wenn man nun diese Farben nach dem genannten Verhältnisse auf eine Scheibe neben einander aufträgt, und diese, von der Sonne beschienen, schnell dreht, so fließt der Eindruck von allen diesen farbigen Streifen im Auge zusammen, und die Scheibe erscheint weiß.

Da aber bekannt ist, daß einige der sieben prismatischen Farben selbst zusammengesetzt sind, nämlich orange aus roth und gelb, grün aus blau und gelb, violett

aus roth und blau, und daß nach der Erfahrung der Mahler aus Blau, Roth und Gelb, durch Beimischung von weiß und schwarz alle andern Farben zusammengesetzt werden können, so haben Tob. Mayer und mit ihm mehrere andere Physiker angenommen, daß das ungefärbte Licht nur aus drei gefärbten Strahlen nämlich aus roth, gelb, und blau zusammengesetzt sey, und daß die übrigen 4 Farben des Spectrums, als aus diesen gemischt angesehen werden müssen. Wünsch hingegen folgert aus seinen Versuchen über die Farben, daß nur die rothen, grünen und violetten Lichtstrahlen einfach seyen, und die übrigen aus deren Mischung entstehen.

Aus der Newtonischen Hypothese, oder aus deren eben angeführten Modification lassen sich leicht die verschiedenen Farben der Körper erklären; man braucht nämlich nur anzunehmen, daß die verschiedenen Stoffe eine ungleiche Verwandschaft zu den einzelnen gefärbten Strahlen oder zu dem Produkt ihrer Vermischung, nämlich zum ungefärbten Lichte, haben. Diejenigen Körper, welche die größte Verwandtschaft zum Lichte haben, absorbiren alle, oder doch die meisten Strahlen, es entsteht also Mangel an Licht, daher erscheinen diese Körper schwarz. Werden hingegen nur einige gefärbte Strahlen absorbirt und andere zurückgeworfen, so erscheinen die Körper jederzeit in den Farben der zurückgeworfenen Strahlen, woraus sich nicht nur die einfachen, sondern auch die verschiedenen gemischten Farben, z. B. braun, grau u. s. w. leicht erklären lassen. Diejenigen Körper aber, welche sehr wenig oder gar keine Verwandtschaft zum Lichte haben, werfen es größtentheils oder gänzlich unverändert zurück, erscheinen daher mit hellen Farben oder weiß. Substanzen, welche das gefärbte Licht besonders rein und intensiv zurück werfen, heißen Färbestoffe, Pigmente, Farben, und werden gebraucht,

um andere Körper von weniger lebhafter Farbe damit zu bedecken, oder zu durchdringen, um ihnen gewünschte Farben zu ertheilen. Einige Substanzen verändern auch dadurch die Farbe anderer Körper, daß sie chemisch darauf einwirken, d. h. durch Abänderung der Mischung, auch eine andere Verwandtschaft zum Lichte bewirken.

Verschiedene durchsichtige Körper, z. B. gefärbte Gläser, werfen dasselbe gefärbte Licht zurück, welches sie durchlassen; einige aber werfen ein anderes zurück, daher zeigen sie beim Daraufsehen eine andere Farbe als beim Durchsehen, z. B. ein Aufguß von Roßkastanienrinden. Merkwürdig ist es aber, daß die verschiedenen Farben durch das gefärbte Licht zwar erhöhet und modificirt, aber nicht zum Verschwinden gebracht werden, was sich nach der Newtonischen Theorie nur durch die Annahme erklären läßt, daß mit den gefärbten Strahlen auch unzerlegtes Licht durchgeht und vermischt bleibt, mithin immer wieder andere Farben erzeugen kann.

Indessen lassen sich alle Farbenerscheinungen, auch ohne Newtons Hypothese, aus gewissen durch Brechung, Beugung und Zurückstrahlung bewirkten Abänderungen in der Bewegung der Lichttheilchen erklären, so wie man zur Erklärung der verschiedenen Töne keineswegs nöthig hat, specifische tongebende Bestandtheile anzunehmen.

Schon Huyghens, und nach ihm Euler und andere Physiker des ersten Ranges erklärten die Erscheinungen des Lichtes und der Farben aus schwingenden oder undulirenden Bewegungen, welche der Weltäther durch die leuchtenden Körper erleidet, und welche bis auf die Netzhaut des Auges fortgepflanzt werden. Denken wir uns nun den Aether als Lichtstoff, welcher als ein höchst feines und elastisches Fluidum von den leuchtenden Körpern ausgeht, in unduliren-

der (wellenschlagender) Bewegung durch die verschiedenen Medien dringt, und von den wägbaren Stoffen mehr oder weniger angezogen, durchgelassen, zurückgestoßen und in seiner Bewegung gestört wird, so lassen sich alle chemischen und optischen Wirkungen des Lichtes einfach und befriedigend erklären.

In der neuern Zeit wurde die Undulations-Theorie ganz besonders hervorgehoben und mit großem Scharfsinn von Thomas Young in London *) bearbeitet. Er zeigte unter andern, daß, wenn zwei Lichtstrahlen, die von demselben leuchtenden Körper kommen, auf einem gewissen Punkte im Raume auf zwei verschiedenen Wegen von etwas verschiedener Länge eintreffen, sie sich vermöge dieser Verschiedenheit entweder zu einander addiren, oder einander aufheben, wodurch also der Punkt entweder von beiden Strahlen erleuchtet wird, oder von keinem derselben, wodurch also im letztern Falle Dunkelheit entsteht. Young nennt dieses Interferenz (Zusammenkunft) der Undulation.

Schon Grimaldi hat dieses Phänomen wahrgenommen und einen einfachen Versuch, es darzustellen, beschrieben.

Denkt man sich endlich das Licht aus zwei Bestandtheilen zusammengesetzt, so lassen sich alle die angegebenen Erscheinungen von Farben gleichfalls sehr leicht erklären, wenn man annimmt, daß durch die brechenden, reflectirenden und polarisirenden Körper nur das quantitative Verhältniß der Lichtbestandtheile abgeändert werde, was mir am wahrscheinlichsten ist.

---

*) Vergl. Gilberts Annalen XXII. 249—285, und 337—396, XXXIX. 156—220.

Zu den Farben-Erscheinungen gehören auch noch die gefärbten Schatten, welche entstehen, wenn ein Körper, durch zwei verschiedenartige Lichter, z. B. durch schwaches Tageslicht und durch Kerzenlicht beleuchtet, zwei Schatten wirft, oder wenn der schwarze Schatten von einem schwachen Lichte erleuchtet wird. So bemerkt man Morgens und Abends einen blauen Schatten, wenn der von einem Kerzenlicht geworfene Schatten vom schwachen Tageslicht etwas erhellt wird, oder einen gelblich-rothen Schatten, wenn der Schatten des schwachen Tageslichts durch Kerzenlicht erhellt wird. Diese Erscheinung muß erst durch weiter fortgesetzte Versuche und Beobachtungen aufgeklärt werden.

Subjektive oder zufällige Farben nennt man diejenigen, welche durch starken oder anhaltenden Lichtreiz oder durch äußern mechanischen Druck gegen das Auge, durch Congestion des Blutes, oder durch krankhaften Zustand der Nerven entstehen. Am bekanntesten sind die Farbenbilder, welche nach dem Anblicke der Sonne oder nach sonstigem starken Lichtreitze gesehen werden. Die Ursachen dieser subjektiven Farben liegen also im Zustande des Auges oder des Sehnervens.

§. 143.

Das Auge. Das Organ, durch welches die Eindrücke des Lichtes wahrgenommen und auf das Nervensystem fortgepflanzt werden, nämlich das Auge, besteht aus verschiedenen Häuten und durchsichtigen Flüssigkeiten, ist durch mehrere Muskeln in der Augenhöhle beweglich, und beinahe kugelrund, wie der vertikale Querschnitt des Augapfels Fig. 104. zeigt. Man unterscheidet daran die Tunica sclerotica (harte Augenhaut) a a a a, welche weiß und undurchsichtig, vorne aber erhabener und durchsichtig ist, und dann Tunica cornea (Hornhaut) b b heißt. Innerhalb

liegt die T. coroidea (Aderhaut) c c, welche inwendig schwarz ist, um die Reflection im Innern des Auges zu verhindern. An diese schließt sich die T. uvea (Traubenhaut) an, welche inwendig gleichfalls schwarz ist. Die vordere Seite derselben heißt Jris (Regenbogenhaut); sie ist verschieden gefärbt, bald braun, bald grau ꝛc., und hat vorne d d eine Oeffnung, welche Pupilla (Sehloch, Augenstern) genannt wird, und sich erweitern und verengern kann. Hinter der Pupilla liegt die Krystall-Linse (Lens crystallina) e e, welche vorne weniger convex ist als hinten, und in einer vollkommen durchsichtigen Kapsel (Capsula lentis) einen gleichfalls durchsichtigen gallertartigen Körper, die Krystallfeuchtigkeit (Humor crystallinus) enthält. Durch die Jris wird das Auge in eine vordere und hintere Kammer getheilt. Die vordere kleinere v ist mit einer wäßrigen Flüssigkeit (Humor aqueus), die hintere Kammer h hingegen größtentheils mit einer durchsichtigen gallertartigen Masse, welche Glaskörper (Corpus vitreum) genannt wird, ausgefüllt. Bei n tritt, vom Gehirne ausgehend, der Sehnerve (Nervus opticus) ein, und breitet sich inwendig hinter dem Glaskörper zu einer sehr feinen Haut aus, welche Netzhaut (Retina) heißt. Eine gerade Linie x y, die man sich mitten durch die Hornhaut und Krystalllinse senkrecht auf die Netzhaut gezogen denkt, stellt die Augenaxe dar.

Man kann sich leicht Kalbs- oder Ochsenaugen, und durch anatomische Untersuchung derselben nähere Einsicht in den höchst merkwürdigen Bau des Auges verschaffen, welcher bei allen warmblütigen Thieren ziemlich derselbe ist.

Von jedem sichtbaren Gegenstande muß Licht ins Auge kommen. Es verbreitet sich von jedem Punkte des Gegenstandes divergirend, und bildet Lichtkegel, deren Basis auf der Hornhaut des Auges, und deren Spitze in dem leuchten-

den Punkte liegt. Der mittlere Strahl von jedem Lichtkegel, oder die Axe desselben, geht, ohne gebrochen zu werden, parallel mit der Augenaxe in gerader Richtung durch alle Feuchtigkeiten des Auges bis an die Netzhaut in y. Diese Sehaxe ist es, welche zum Sehen der Gegenstände am nothwendigsten ist und den bestimmtesten Eindruck auf den Sehnerven zu machen scheint; denn die Erfahrung lehrt, daß Personen, an welchen die Staaroperation mit glücklichem Erfolge gemacht worden ist, gleichfalls richtig sehen, obgleich die verdunkelte Kryſtalllinse, welche der Sitz des grauen Staars ist, herausgenommen oder niedergedrückt wurde.

Die von der Sehaxe entferntern Strahlen werden aber sowohl in der wässerigen Feuchtigkeit als auch in der Kryſtalllinse und im Glaskörper gebrochen, bevor sie zur Netzhaut gelangen.

Da das Auge ein converconvexer Körper ist, so werden die Lichtstrahlen zum Einfallsloth gebrochen, die beim Eintritt in das Auge divergirenden Strahlen werden also durch Brechung auf der Hornhaut und in der wässerigen Feuchtigkeit parallel, durch die Brechung in der Kryſtalllinse aber convergirend, kommen also in demselben Punkte mit der Sehaxe zusammen.

Nach dem, was (§. 139.) von der Wirkung biconvexer Gläser gesagt ist, müssen sich die Gegenstände auf der Netzhaut verkehrt abbilden (Fig. 101.), dessen unerachtet erfolgt die Wahrnehmung durch die Wirkung des Sehnervens richtig, weil nicht das Bild, sondern der Gegenstand selbst gesehen wird. Daher sehen wir mit beiden Augen einen Gegenstand auch nur einfach, indem sich die Axen beider Augen in dem Objekte schneiden, und die diesen Vereinigungspunkt schneidende senkrechte Ebene heißt Horopter. Der Win-

kel, welchen zwei Lichtstrahlen a b c Fig. 105. die von den ihn äußersten Punkten eines Gegenstan des ausfahren, in dem Auge mit einander machen, heißt der Sehwinkel. Da nun derselbe mit der Entfernung des Gegenstandes immer kleiner wird, so ist es leicht begreiflich, warum das Objekt um so kleiner erscheint je weiter es von dem Auge sich entfernt. Fig. 105. wird dieß versinnlichen. Die richtige Schätzung der Größen und Entfernungen der Gegenstände durch das Auge kann nur durch allmählige Uebung erlangt werden. Die Farbenzerstreuung und Abweichung des Focus wegen der Kugelgestalt des Auges werden dadurch verhindert, daß die Pupille nur die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen durchläßt, und daß die Netzhaut dem Bilde eine krumme Fläche darbietet.

Um deutlich zu sehen, kömmt es darauf an, daß die Strahlen auf der Netzhaut zusammenfallen. Vereinigen sie sich schon vor der Netzhaut, d. h. fällt das Bild in den Glaskörper h, oder vereinigen sie sich hinter der Netzhaut, so entsteht in jedem Falle ein zerflossenes undeutliches Bild.

Da aber die Bilder naher Gegenstände weiter zurück fallen als von entfernten, und dessen ungeachtet ein gesundes Auge nahe und entfernte Gegenstände gut, d. h. mit deutlichen Umrissen sieht, so dürfen wir daraus schließen, daß das Auge das Vermögen besitze, entweder die Netzhaut nach Erforderniß der Umstände der Krystallinse zu nähern und zu entfernen, oder die Figur der Krystallinse zu ändern.

Daß unwillkührliche Muskeln im Auge wirken, sehen wir an der Pupille, welche sich nach dem Lichtbedürfnisse im Dunkeln erweitert, bei hellem Lichte verengt.

Indessen trifft man sehr oft das menschliche Auge entweder so fehlerhaft gebauet, oder so sehr verwöhnt, daß

nahe und und entfernte Gegenstände nicht gleich gut auf der Netzhaut abgebildet werden. Fällt das Bild naher Gegenstände zu weit hinter die Netzhaut, dann nennt man diesen Fehler Weitsichtigkeit (Presbyostia), wodurch nahe Gegenstände undeutlich erscheinen, während entfernte gut gesehen werden. Dieser Fehler rührt daher, daß entweder die Krystalllinse zu flach oder der Netzhaut zu nahe ist. Alte Leute sind gewöhnlich weitsichtig, weil durch Austrocknung der Säfte dieses bewirkt wird. Dieser Fehler läßt sich durch convexgeschliffene Brillen verbessern, weil sie die Strahlen zur Convergenz bringen und in einen Focus vereinigen, und zwar um so näher, je convexer das Glas geschliffen ist. Es sey Fig. 106. aa die Krystalllinse, b b die Netzhaut des Auges und c der Punkt, in welchem beim weitsichtigen Auge die Strahlen sich kreuzen oder zusammenfallen würden. Halten wir nun die convexgeschliffene Brille d d vor das Auge, so können die Strahlen näher, etwa bei e, d. h. auf der Netzhaut gesammelt werden.

Die Kurzsichtigkeit (Myopia) ist der entgegengesetzte Fehler des Auges, wo nämlich das Bild entfernter Gegenstände vor der Netzhaut im Glaskörper erscheint. Dieser Fehler rührt von einem zu sehr gewölbten Baue des Augapfels oder der Krystalllinse, oder von einem zu weitem Abstande der letztern von der Netzhaut her, was sich leicht ergiebt, wenn das Auge durch häufiges Lesen, Schreiben, Zeichnen u. dgl. immer nahe und kleine Gegenstände vor sich hat. Die Kurzsichtigkeit läßt sich durch concav geschliffene Brillen verbessern, weil sie die Lichtstrahlen zerstreuen, mithin die convergirenden weniger convergirend machen, und das Bild weiter ins Auge zurücksetzen. Es sey Fig. 107. aa die Krystalllinse, b b die Netzhaut und c der

Punkt, in welchem die Strahlen zusammenfallen. Halten wir nun die concave Brille d d vor das Auge, so müssen die convergirenden Strahlen einen spitzigern Winkel machen, mithin weiter zurück, etwa bei e zusammentreffen.

Uebrigens läßt sich die Kurzsichtigkeit auch mehr oder weniger dadurch heben, daß man sich gewöhnt nach entfernten Gegenständen zu sehen. Da die Kurz- oder Weitsichtigkeit nicht von Schwäche, sondern von einer gewißen Abnormität des Auges herrührt, so giebt es im eigentlichen Verstande keine Conservations-Brillen, Leseglaser, und der Gebrauch eines einzelnen Glases, so wie auch der grünen Brillen, sind dem Auge schädlich *).

Da das Auge gemäß seiner Construktion sehr kleine Gegenstände, wenn sie auch nahe sind, entweder gar nicht oder nur unvollkommen zu sehen vermag, und da sich das deutliche Sehen größerer Gegenstände auch bei dem besten Auge auf eine gewisse Entfernung beschränkt, so hat der menschliche Scharfsinn die Gesetze der Strahlenbrechung in convex- und concavgeschliffenen Gläsern auf Construction optischer Instrumente benützt, um die natürlichen Grenzen des Sehevermögens künstlich zu erweitern. Die optischen Instrumente reduciren sich alle auf das **Vergrößerungsglas** und das **Fernrohr**.

---

*) Adam's Anweisung zur Erhaltung des Gesichts; übersetzt v. Kries. Gotha 1824.

Ueber den Bau des Auges kann man ausführlich sich unterrichten in S. T. Sömmering's Abbild. des menschlichen Auges. Frankf. 1801.

§. 144.

Mikroskop. Die Entfernung, in welcher ein gutes Auge die nicht zu kleinen Gegenstände am deutlichsten sieht, ist 8 bis 12 Zoll; dieß nennt man den Abstand des deutlichen Sehens. Sehr kleine Gegenstände sieht man aber auch in dieser Nähe nicht deutlich, weil der Sehwinkel, den ihr Durchmesser mit dem Auge macht, zu klein ist. Bringt man einen sehr kleinen Gegenstand dem Auge näher, so wird zwar der Sehewinkel vergrößert, aber das Bild fällt dann hinter die Netzhaut, und wird mithin undeutlich. In diesem Falle kann man dem Auge mit einem erhabenen Linsenglas von kurzer Brennweite zu Hülfe kommen, weil, wie bereits (§. 139.) gelehrt wurde, jedes convexe Glas die Convergenz der Lichtstrahlen vermehrt, mithin diejenigen Strahlen, welche wegen der zu großen Nähe des Objektes zu divergent ins Auge fallen würden, parallel brechen, und dadurch das Bild auf die Netzhaut bringen. Der Gegenstand muß sich aber im Brennpunkte der Linse befinden, wenn die Strahlen parallel werden sollen. Wegen des vergrößerten Sehewinkels, der dadurch entsteht, erscheint ein im Brennpunkte einer erhabenen Glaslinse befindlicher, und durch dieselbe in hinreichender Nähe gesehener Gegenstand vergrößert; daher nennt man die convexe Glaslinse auch Vergrößerungsglas, Loupe oder einfaches Mikroskop. Die Vergrößerung geschieht so vielmal als die Brennweite der Linse in der Entfernung des deutlichen Sehens enthalten ist. Da nun die Brennweite um so kürzer wird, je mehr sich die Convexität der Linse vermehrt, oder der Kugelgestalt nähert, so ist leicht einzusehen, daß die Vergrößerung um so geringer je größer die Brennweite ist, und daß ein rund geschliffenes Glaskügelchen am meisten vergrößern muß. Eine Linse, deren Brennweite 1 Zoll beträgt, vergrößert

den Gegenstand 10 mal; bei einer Linse aber, deren Brennweite nur 3 Linien beträgt, ist die Vergrößerung 40 fach; bei 2 Linien Brennweite 60 fach u. s. w. Damit ist aber, wie gewöhnlich, nur die Vergrößerung nach der Linearausdehnung genommen, d. h. eine Linse mit 1 Zoll Brennweite vergrößert die scheinbare Länge des Objects 10 mal, eben so die Breite 10 mal, mithin ist die Vergrößerung der ganzen Oberfläche 100 fach; bei einer Linse mit 3 Linien Brennweite aber 1600 und mit 2 Linien Brennweite 3600 fach. Der ganze körperliche Inhalt eines Gegenstandes wird demnach bei der erstern Linse 1000, bei der zweiten 64000, und bei der dritten 216000 mal vergrößert.

Zum gewöhnlichen Gebrauche bedient man sich am besten einer Linse von mittlerer Brennweite; denn ist diese zu groß, dann muß man den Gegenstand zu weit entfernen und die Vergrößerung ist nicht sehr bedeutend; bei zu kurzer Brennweite aber, fällt das Glas schon zu sehr in die Kugelgestalt, das Sehefeld wird zu klein, die Farbenzerstreung zu groß und man muß den zu betrachtenden Gegenstand so nahe an das Glas bringen, daß der nöthigen Beleuchtung desselben Eintrag geschieht. Es ist immer darauf zu sehen, daß das Objekt im Brennpunkte des Vergrößerungsglases, und dieses hinreichend nahe beim Auge sich befindet.

Wenn man das durch eine einfache Linse entstandene Bild durch eine zweite Linse, oder durch mehrere convexe Gläser auffängt, und nicht das Object selbst, sondern das dadurch vergrößerte Bild desselben durch eine Linse betrachtet, dann hat man ein zusammengesetztes Mikroskop, womit in Hinsicht der Bequemlichkeit, des Gesichtsfeldes und der Vergrößerung sehr viel gewonnen wird. Das gewöhnlichste Mikroskop ist das mit 3 convexen Gläsern, Fig. 108. Das dem Objecte x x zugekehrte Glas heißt Ob-

jektivglas a a, es ist unter allen dreien das kleinste, und hat die kürzeste Brennweite; das dem Auge zugekehrte Glas b b ist das Oculargla s; zwischen beiden befindet sich eine breite Linse c c, welche das Collectivglas genannt wird. Die Strahlen, welche von dem kleinen Gegenstande x x sehr divergent auf das Objectivglas a a fallen, würden von diesem erst spät vereiniget; sie fallen aber, ehe dieses geschieht, auf das breite Collectivglas c c. Dieses bricht die Stahlen so, daß sie sich früher vereinigen, und hinter demselben das verkehrte Bild y y machen, worauf sie auf das Oculargla s b b fallen. Da dieses von dem Bilde y y um die Brennweite entfernt ist, so schickt es die Strahlen parallel ins Auge.

Um den Gegenstand oder dessen Bild möglichst zu beleuchten und zu vergrößern, hat man dem Mikroskope verschiedene Einrichtungen gegeben; dahin gehört das Spiegelmikroskop, das Sonnenmikroskop u. s. w. Die einfachsten Mikroskope bestehen nur aus einer mikroskopischen Linse, und haben Vorrichtungen um den Gegenstand durch Hohlspiegel oder erhabene Gläser stark zu erleuchten und ihn in die gehörige Stellung gegen die Linse zu bringen. Dahin gehören das Wilson'sche, und das Lieberkühn'sche Mikroskop, so wie auch das Gray'sche Wassermikroskop, wo ein Wassertropfen die Stelle einer Linse vertritt. *)

---

*) Da es hier zu weitläufig wäre die verschiedenen Mikroskope deutlich zu beschreiben und abzubilden, so verweise ich auf Gehlers physikal. Wörterb. Auch andere optische Instrumente, welche nach denselben Principien construirt sind und für verschiedene Belustigungen dienen, z. B. die Zauberlaterne, die Camera obscura, Camera clara, C. lucida u. s. w. findet man daselbst beschrieben und abgebildet.

§. 145.

Fernrohr. Ein optisches Instrument, welches den Zweck hat, den Sehwinkel zwischen entfernten Gegenständen und dem Auge zu vergrößern, folglich dieselben scheinbar näher zu bringen, heißt überhaupt Fernrohr, Teleskop. Es giebt davon zwei Hauptgattungen, nämlich rein dioptrische oder eigentliche Ferngläser, und catodioptrische oder Reflectoren, gewöhnlich Spiegelteleskope genannt.

Die dioptrischen Fernröhre sind entweder astronomische oder Erdfernröhre.

Das einfachste Teleskop ist jedes Hohlglas, weil es, wie bereits (§. 139.) gelehrt wurde, die parallel oder unter einem sehr spitzigen Winkel auffallenden Strahlen divergent macht, mithin den Sehwinkel erweitert, und die Gegenstände scheinbar näher bringt. Allein da das Hohlglas eine sehr beschränkte Wirkung hat, und die Gegenstände verkleinert darstellt, so hat man die Teleskope mit mehrern Gläsern versehen. Das gewöhnliche Erdfernrohr, welches die Gegenstände aufrecht zeigt, und nur zwei Gläser, nämlich ein convexes Objectiv- und ein concaves Ocularglas hat, ist das Galiläische oder Holländische Fernrohr. Fig. 109. ist a a das Objectivglas, und b b das Ocularglas; letzteres muß so gestellt werden, daß der Brennpunkt des Objectivglases mit dem Zerstreuungspunkt des Ocularglases außerhalb des Rohrs gegen das Auge zusammenfällt, daß also beide um die Differenz ihrer Brennweite von einander abstehen. Die im Objectivglase gebrochenen Strahlen kommen convergent beim Ocularglase an, werden von diesem parallel gebrochen und gelangen so ins Auge. Das Gesichtsfeld ist bei diesem Fernrohre zwar sehr beschränkt, allein die Gegenstände erscheinen sehr helle und so vielmal

vergrößert als die Zerstreuungsweite des Ocularglases in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist; daher bedient man sich desselben vorzüglich als Taschenperspectiv.

Das astronomische dioptrische Fernrohr von Kepler, besteht aus einem biconvexen Objectivglase Fig. 110. a a von längerer Brennweite, und einem ebenfalls biconvexen Ocularglas b b von kürzerer Brennweite. Diese beiden Gläser sind so gestellt, daß der Brennpunkt des Objectivglases mit dem des Ocularglases in c zusammenfällt. Das Bild sehr entfernter Gegenstände, z. B. des Mondes, und der Planeten, wovon die Strahlen als parallel auf das Objectivglas einfallend gelten können, erscheint in dem gemeinschaftlichen Brennpunkte c verkehrt; von da aus fallen die Strahlen divergent auf das Ocularglas, wodurch das Bild vergrößert wird, und gehen dann parallel zum Auge. Ein solches Fernrohr vermehrt die scheinbare Größe des Gegenstandes so vielmal als die Brennweite des Ocularglases in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Um dieses Fernrohr auch für terrestrische Gegenstände brauchbar zu machen, hat es Pater Rheita mit drei Oculargläsern versehen, wodurch das vom Objectivglase gemachte Bild noch einmal umgekehrt also aufrecht dargestellt wird; die drei Oculargläser haben einerlei Brennweite und stehen um die Summe ihrer Brennweiten von einander ab.

Es giebt auch terrestrische Fernröhre die fünf und sechs Oculargläser haben, wodurch sie ein großes Sehfeld erhalten, aber auch zugleich an Helligkeit verlieren.

Wegen der Farbenzerstreuung, welche convexe Linsen in der Nähe ihres Randes verursachen, bedeckt man den Rand des Objectivglases mit einem schwarzen Ringe, wodurch zugleich die Oeffnung derselben und die Helligkeit vermindert aber die Deutlichkeit befördert wird. Auch im Focus des

Objectivglases, wo das Luftbild steht, befestiget man einen schwarzen Ring, um alles fremdartige Licht abzuhalten; diese Vorrichtung nennt man die Blendung. Im Erdfernrohre mit drei Oculargläsern wird auch zwischen dem zweiten und dritten Ocularglas eine Blendung angebracht.

Die prismatische Wirkung der convexen Gläser, wodurch Farbenränder und eigentlich nicht ein Bild, sondern eine Reihe farbiger Bilder entsteht, ist ein großer Fehler gewöhnlicher Teleskope. Newton hielt es für unmöglich diesem Uebel abzuhelfen; allein Euler, durch das Studium des Auges geleitet, zeigte die Möglichkeit durch Vereinigung mehrerer brechender Substanzen, Bilder ohne Regenbogenfarben zu erhalten, und Dollond, ein englischer Opticus, brachte zuerst ein Fernrohr zu Stande, welches nicht mit prismatischen Farben spielte und die Gegenstände völlig scharf und deutlich darstellte, indem er das Objectivglas aus zwei verschiedenen Glasarten mit ungleichen Brechungsverhältnissen, nämlich aus Flintglas, welches Bleioxyd enthält, und Kronglas, welches gewöhnliches gutes Glas ist, zusammensetzte. Das dichtere Flintglas, welches eine stärkere Farbenzerstreuungskraft hat, wird als eine concavconvexe Linse auf einer Seite mit einer biconvexen, oder noch besser, als biconcave Linse auf beiden Seiten mit biconvexen Linsen aus Kronglas vereiniget, indem man sie dicht auf einander legt. Ein mit solchem zusammengesetzten Objectivglase versehenes Fernrohr, nennt man ein achromatisches d. h. farbenfreies oder Dollondisches Fernrohr.*)

*) Früherhin waren nur die Engländer im Besitze des Geheimnisses solche achromatische Objectivgläser zu verfertigen; gegenwärtig liefert aber das berühmte optische Institut von Utzschnei-

Das katoptrische Fernrohr oder Spiegeltelescop wurde von Newton erfunden, um dem Fehler der Farbenzerstreuung durch gewöhnliche einfache Objectivgläser auszuweichen, daher heißt dasselbe auch Newtonischer Reflector. Die von dem entfernten Gegenstande kommenden Lichtstrahlen werden von einem, im Hintergrunde des Fernrohrs befindlichen, Hohlspiegel, aufgefangen und von diesem auf einen im Brennpunkte desselben befindlichen unter 45° zur Axe geneigten Planspiegel geworfen, welcher das Bild auf das seitwärts angebrachte convexe Ocularglas bringt. Cassegrain, Gregorry, Herschel u. A. haben auch an dem Spiegelteleskope Veränderungen angebracht. *)

§. 146.

Photometer. Zu den optischen Instrumenten gehört auch dasjenige, welches den Zweck hat, die Stärke des Lichtes zu messen, und daher Photometer (Lichtmesser) genannt wird. Um die Stärke zweier Lichter zu vergleichen, hat Graf Rumfort einen cylindrischen Stab von einem halben Zoll Durchmesser aufgestellt, und einige Zoll weit dahinter eine weiße Fläche, z. B. einen ausgespannten Bogen Papier, gleichfalls senkrecht angebracht; vor dem Stab werden nun die zwei Lichter, z. B. ein Wachs- und ein Lampenlicht, die verglichen werden sollen, in gleicher Entfernung so gestellt, daß die zwei Schatten, welche der Stab wirft, neben-

---

der und Frauenhofer in München, die besten achromatischen Teleskope.

*) Hinreichend deutliche Beschreibungen und Abbildungen der Spiegelteleskope findet man unter andern in Gehlers physikalischem Wörterbuche.

einander auf die weiße Fläche fallen. Dasjenige Licht welches den stärksten Schatten macht ist auch das stärkere; es wird nun so weit vom Stabe entfernt, bis beide Schatten einander gleich sind. Die Intensität des stärkern Lichtes verhält sich zu der des schwächern, wie das Quadrat der Entfernung des erstern zu der des letztern. Wenn also die Lampe 8 Fuß von der weißen Fläche entfernt werden muß, damit ihr Schatten mit dem der Wachskerze zu 4 Fuß Entfernung gleichkömmt, so verhält sich die Intensität des Lampenlichtes zu jener des Kerzenlichtes wie $8 \times 8 = 64$ zu $4 \times 4 = 16$ oder wie 4 : 1 d. h. die Lampe giebt viermal mehr Licht als die Kerze.

Lampadius bedient sich einer Röhre, in welche Scheiben von Horn, Beinglas, oder von mit Mohnöl getränktem Papier, passen, und bestimmt nun die Stärke des Lichtes aus der Zahl solcher Scheiben, welche nöthig ist, bis ein zwischen das Licht und das Photometer gehaltener schwarzer Körper nicht mehr sichtbar ist.

Da das Sonnenlicht die Eigenschaft besitzt aus einer Mischung von Chlor und Wasser Sauerstoffgas zu entwickeln, und da sich die Menge des entwickelten Gases nach der Intensität des Lichtes richtet, so wählte v. Sauſſure dieses Mittel die Intensität des Sonnenlichtes auf Bergen und in Thälern zu schätzen

Landriani wählte hierzu das Hornsilber auf Papier gestrichen, welches vom Lichte geschwärzt wird, und zwar um so schneller je stärker das Licht ist.

Leslie bediente sich für photometrische Messungen zweier correspondirender Thermometer, wovon die Kugel des einen geschwärzt ist, weil im Lichte das geschwärzte Ther-

mometer um so höher steigt, je größer die Intensität des Lichtes ist, während im Dunklen beide gleichstehen (§. 147).*)

II.

Wärme.

§. 147.

Ursprung der Wärme. Die Ursache des Flüssigwerdens und Verdampfens und der Gasbildung nennen wir Wärme und im gesteigerten Grade Hitze; sie ist die nämliche, welche in Pflanzen und Thieren die Säfte flüssig und beweglich erhält, und in uns das Gefühl von Wärme erzeugt; mithin ist die Wärme die erste und nothwendigste Bedingung von jedem chemischen Prozesse und organischen Leben.

Diese beweglich machende und ausdehnende Ursache denken wir uns, gleich dem Lichte, als eine höchst feine elastische Flüssigkeit, welche die wägbaren Stoffe durchdringt, sie ausdehnt, und sich damit nach bestimmten Verwandtschaftsgraden chemisch verbindet, wobei sie aufhört als freie Wärme wahrnehmbar zu seyn. In diesem Zustande, wo sie nicht mehr fühlbar ist und nicht mehr auf das Thermometer wirkt, heißt sie gebundene, verborgene oder latente Wärme, zum Unterschiede von der freien Wärme. Sie ist wie das Licht unwägbar obgleich sie einigermassen sperrbar ist. Als eine besondere Materie gedacht, nennt man sie Wärmestoff (Caloricum); P. T. Meißner nennt sie Aräoticon.

Mangel an Wärme nennen wir Kälte; eigentlich ist es aber nur verminderte Wärme denn wir kennen keinen

*) Vergl. K. G. Langsdorf Grundlehren der Photometrie oder der optischen Wissenschaften. Erlangen 1803 — 1805. 2 Bände.

absolut wärmefreien Körper, aus welchen sich auf keine Weise mehr Wärmestoff frei machen ließe. Die Kälte ist daher immer nur relativ und läßt sich weniger richtig durch das Gefühl als durch das Thermometer bestimmen. Einige Physiker haben einen eigenen Kältestoff angenommen, was aber überflüssig ist, weil sich auch ohne diese Annahme alle Erscheinungen von Wärme und Kälte sehr befriedigend und einfach erklären lassen.

Die Quelle der Wärme ist die des Lichtes, denn überall wo Licht erscheint, ist auch Wärme wahrnehmbar, wenn auch bisweilen in so geringen Grade, daß wir sie kaum oder gar nicht zu messen vermögen; und häufig sehen wir bei chemischen Prozessen die gesteigerte Wärme in Licht übergehen und mit Licht zugleich frei werden in der Glühhitze und in der Flamme. Es ist daher höchst wahrscheinlich, daß die Erscheinungen des Lichtes und der Wärme von demselben unwägbaren Stoffe herrühren, welcher als einfach gedacht, nach der Art und Geschwindigkeit seiner Bewegung bald als Licht und bald als Wärme, oder auch als Licht und Wärme zugleich wahrnehmbar wird. Man kann annehmen, daß der Wärmestoff im höchsten Grade von Geschwindigkeit in seiner undulirend strahlenden Bewegung auf den Gesichtsnerven zu wirken und als Licht zu erscheinen fähig ist, bei langsamerer Bewegung aber und im Momente seiner Hemmung zur Wärme wird, in einer gemischten Bewegung aber als Licht und Wärme zugleich — als Feuer — erscheint. Mit dieser einfachen Hypothese ist man allerdings im Stande die meisten Licht- und Wärmeerscheinungen sehr leicht und befriedigend zu erklären, zumal da auch hinsichtlich der strahlenden Bewegung und der chemischen Wirkungen viel Uebereinstimmung zwischen Licht und Wärme herrscht; es ist also überflüssig einen eigenen Lichtstoff und einen davon verschie-

denen Wärmestoff anzunehmen, wenn man im Stande ist mit der Annahme eines einzigen Princips die Erscheinungen eben so einfach und befriedigend zu erklären.

Indessen giebt es doch einige Umstände, welche der gedachten Hypothese nicht ganz günstig sind; so weis man z. B. daß einige Körper, welche das Licht durchlassen, zum Hindurchlassen der Wärme kaum fähig sind, wie das Glas; so wie es im Gegentheile wieder Körper giebt, welche das Licht zurück werfen, während sie die Wärme in großer Menge aufnehmen und durchlassen, nämlich Metalle. Diese und einige andere Umstände, vorzüglich auch die electrischen und magnetischen Erscheinungen, machen es wahrscheinlicher, daß zwar die Erscheinungen von Licht und Wärme von einer und derselben Grundursache, welche wir Wärmestoff nennen wollen, herrühren, daß aber dieser Wärmestoff selbst wieder aus zwei unwägbaren Elementen zusammengesetzt ist, und daß die Verschiedenheiten zwischen Licht und Wärme nicht nur von der Art und Geschwindigkeit der Bewegung, sondern auch von dem quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile des Wärmestoffes herrühren. Nach dieser Annahme lassen sich nicht nur die Erscheinungen von Licht und Wärme, sondern auch, wie wir in der Folge (§. 155.) sehen werden, jene der Elektricität und des Magnetismus ganz ungezwungen erklären, mithin glaube ich, daß sie den Vorzug verdiene.

Demnach nehmen wir an, daß das Licht aus zwei unwägbaren Elementen vereiniget von der Sonne ausgehe, und von wägbaren Stoffen nach verschiedenen Verwandtschaftsgraden theils unverändert durchgelassen oder zurückgeworfen, theils in seiner chemischen Constitution abgeändert und in Wärme verwandelt, und theils gänzlich in seine Be-

standttheile zerlegt, und zu Electricität oder zu Magnetismus werde.

Durch verschiedene chemische und organische Prozesse wird die Wärme bald unverändert aus ihren Verbindungen abgeschieden, bald aus Electricität neu erzeugt, bald wieder in Licht verwandelt und bald auch zerlegt um electrische und magnetische Erscheinungen hervorzurufen.

Die Quellen der Wärme sind also 1) gebundenes Licht. Sobald das Licht auf seinem Wege einen wägbaren Stoff trifft, so wird es nach dem Grade seiner Verwandtschaft wenigstens zum Theil gebunden und in Wärme verwandelt; je weniger also ein Körper Licht zurück wirft oder durchgehen läßt, desto mehr muß er sich erwärmen. Man nehme zwei correspondirende Thermometer und überziehe die Kugel des einen mit schwarzer Farbe; im Finstern werden beide gleich stehen, im Sonnenlichte aber wird das geschwärzte Thermometer viel höher steigen, weil die schwarzen Körper das Licht absorbiren, mithin Wärme erzeugen, während das ungeschwärzte Thermometer durch seinen Glanz und seine helle Farbe einen großen Theil des auffallenden Lichtes unverändert zurück wirft. Aus dem nämlichen Grund sind schwarze Kleider wärmer als weiße; schwarzer Boden wärmer als weißer Kreidenboden u. s. w. Legt man mehrere Stücke Tuch von verschiedenen Farben auf Schnee, so schmilzt dieser im Sonnenschein unter dem dunklen Tuche am schnellsten.

2) Mechanische Bewegung: Durch Reibung, Stoß, Druck wird Wärme frei; dieses ist eine bekannte Erscheinung. Einige Naturforscher nehmen an, daß der Wärmestoff zwischen den Atomen der Körper angehäuft ist, und durch mechanisches Annähern der Theilchen herausgetrieben wird, z. B. beim Hämmern, Bohren, Reiben. Einige Thatsachen

sprechen sehr für diese Hypothese; so z. B. wissen wir, daß Metalle, welche sich Anfangs durchs Hämmern sehr erhitzen, diese Eigenschaft merklich verlieren, sobald sie durch fortgesetztes Hämmern oder Prägen auf den höchsten Grad der Dichtigkeit gebracht worden sind. So wissen wir auch, daß tropfbare Flüssigkeiten durch mechanischen Druck wenig Wärme von sich geben, sich aber auch nur unmerklich zusammenpressen lassen. Dagegen entwickeln die Gas- und Dampfarten durchs Zusammendrücken sehr viel Wärme. Haben die Körper nicht die Eigenschaft oder Gelegenheit die frei gewordene Wärme schnell fortzuleiten und andern Körpern mitzutheilen, so kann sie sich so sehr anhäufen, daß die Körper zu glühen, und wenn sie brennbar sind, zu brennen anfangen. Darauf beruht das Anzünden eines Schwamms durch rasche Compression der Luft im pneumatischen Feuerzeug. Selbst die Wilden kennen diese Eigenschaft, indem sie um Feuer zu machen zwei Stücke trocknen Holzes schnell an einander reiben. Unser Feuerschlagen beruht gleichfalls darauf, indem durch die scharfen Kanten des Feuersteins vom Stahl kleine Theilchen abgerieben und durch die Reibung glühend werden; die dadurch entstehenden Funken sind also nichts anders als brennende Stahltheilchen, welche in Sauerstoffhaltiger Luft im Stande sind leichtzündbare Körper, wie Feuerschwamm, Schießpulver ꝛc. zu entzünden.

3) Verdichtung: Bei denjenigen Veränderungen des Aggregatzustandes, wobei die Körper aus einem dünnern Zustande in einen dichtern übergehen, wird gleichfalls Wärme frei. Wenn z. B. Wasserdämpfe in den tropfbarflüssigen Zustand zurück kehren, wird derjenige Antheil Wärme frei, welcher nöthig war, das Wasser zu Dampf auszudehnen; daher werden die heißen Wasserdämpfe, wenn ihre Menge hinreichend groß ist, in kaltes Wasser geleitet, dieses zum

Kochen bringen; oder in metallne Röhren geleitet, diese stark erhitzen, weil die Menge Wärmestoff, welche bei der Condensation der Wasserdämpfe frei wird, sehr groß ist (§. 151). Darauf beruht die Dampfkochung und die Dampfheitzung. Auch beim Uebergang einer tropfbaren Flüssigkeit in den festen Zustand wird Wärme frei, z. B. beim Gefrieren des Wassers, bei der Krystallisation, Gerinnung, Präcipitation ꝛc.

4) Chemischer Prozeß: Bei den meisten Verbindungen und Zersetzungen, welche zwischen ungleichartigen Stoffen vorgehen, selbst bei solchen, wobei Körper aus dem dichtern in einen dünnern Aggregatzustand übergehen, nämlich bei Gasentwickelungen, wird Wärme frei, besonders, wenn der chemische Prozeß sehr rasch vor sich geht, z. B. beim Verbrennen, dann steigert sich die frei werdende Wärme zur stärksten Glühhitze. Diese Wärmeentwicklung bei chemischen Prozessen gründet sich theils auf neue Vereinigung der Wärme, theils auf Verdichtungen und theils auf verminderte Wärmecapacität der neu entstandenen Educte oder Produkte. Wenn z. B. beim Verbrennen des Weingeistes in der atmosphärischen Luft Wärme frei wird, so gründet sich dieses darauf, daß das entstandene Wasser und die gebildete Kohlensäure zu ihrem Bestehen, nicht mehr so viele Wärme, als sie Bestandtheile nöthig haben, oder als der verzehrte Sauerstoff aus der Luft und der Weingeist einzeln für sich bestehend nöthig hatten.

5) Electrischer Prozeß: Wenn die entgegengesetzten freien Electricitäten sich mit einander verbinden, so entsteht der elektrische Funke oder Blitz, also Licht und Wärme; und es ist nicht unwahrscheinlich, daß die entgegengesetzten electrischen Potenzen, die Elemente des Lichtes und der Wärme sind.

6) Lebensprozeß: Sowohl beim vegetabilischen als thierischen Leben wird fortwährend Wärme frei, weil sie nöthig ist, die Säfte flüssig und beweglich zu erhalten. Mehrere Physiologen haben geglaubt, daß die thierische Wärme nur von Verdichtungen der Luft in den Lungen und des Blutes bei Bildung weicher und fester Theile, so wie auch durch die Reibungen bei dem Kreislaufe des Blutes, beim Athmen, bei der Bewegung des Magens und der Gedärme herrühre; allein es ist durch neuere physiologische Versuche beinahe außer allen Zweifel gesetzt, daß auch durch die Nerventhätigkeit Wärme erzeugt werde.

§. 148.

Wirkung der Wärme. Die allgemeinste und wichtigste Eigenschaft der Wärme ist die, daß sie die Körper, womit sie sich verbindet, ausdehnt, flüssig und flüchtig macht, mithin der Cohäsionskraft entgegenwirkt, und so die chemischen Prozesse begründet. Nicht alle Körper sind fähig sich mit gleichviel Wämestoff zu verbinden, und nicht alle erleiden gleiche Ausdehnung. Am meisten werden die elastischen Flüssigkeiten, viel weniger die tropfbaren Flüssigkeiten, am wenigsten die festen Körper ausgedehnt. 1000 Kubikzoll Luft, vom Eispunkte bis zum Siedpunkte des Wassers erhitzt, dehnen sich bis zu 1375 Kubikzoll aus, 1000 Kubikzoll Wasser aber nur zu 1046,6 und 1000 Kubikzoll Eisen gar nur zu 1001,5 Kubikzoll, folglich dehnt sich die Luft über acht mal mehr als Wasser, und dieses über 30 mal mehr als Eisen aus.

Von der Ausdehnung der Luft, kann man sich leicht überzeugen, wenn man eine oben offene Thermometerröhre erhitzt, und dieselbe dann mit dem offenen Ende abwärts gekehrt in Wasser oder Queckfilber taucht; beim Erkalten zieht sich

die in der Röhre ausgedehnte Luft wieder zusammen, und die Flüssigkeit tritt in der Röhre aufwärts, oder wird vielmehr von der äußern Luft hineingedrückt um den Raum der durch Ausdehnung entwichenen Luft einzunehmen. Nach Dalton und Gay-Lussac dehnen sich alle Gas- und Dampfarten bei gleichem Grade der Erwärmung gleichweit aus; alle vergrößern ihr Volumen, welches sie beim Schmelzpunkte des Eises einnehmen, beim Erhitzen bis zum Siedepunkt des Wassers um 0,375 Volumtheile, also für jeden Grad des Reaumür'schen Thermometers um 0,0047.

Indessen haben doch die Versuche anderer Physiker gezeigt, daß dieses nicht durchaus richtig ist, indem sich die Dämpfe etwas mehr ausdehnen als die permanenten Gasarten.

Von der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten kann man sich überzeugen, wenn man eine hohle Glaskugel, welche mit einer engen am Ende offenen Röhre versehen ist, mit irgend einer Flüssigkeit füllt und dann bis zu einem gewissen Grad erwärmt; die Flüssigkeit wird hierbei in der Röhre emporsteigen, und zwar um so mehr je größer ihre Ausdehnbarkeit bei gleichem Wärmegrade und je stärker die Erwärmung ist.

Daß sich auch die festen Körper beim Erhitzen ausdehnen, kann man finden wenn man z. B. eine Kugel von Eisen, Kupfer u. dgl., welche in der Kälte genau durch einen metallnen Ring geht, erhitzt, wo sie dann nicht mehr durch den Ring gehen wird, bis sie wieder auf den vorigen Grad abgekühlt ist.

Die Größe der Ausdehnung bei gleichem Grade der Erwärmung hängt bei tropfbaren Flüssigkeiten und festen Kör-

pern nicht bloß von ihrem Aggregatzustande, sondern auch von ihrer chemischen Constitution ab. *)

Alle Gas- und Dampfarten dehnen sich beim Erwärmen gleichmässig aus, d. h. ihr Volumen wird mit der Zunahme oder Abnahme der Wärme stets in demselben Verhältnisse vermehrt oder vermindert, und zwar so, daß sie sich bei gleichem Zuwachs von Wärme immer um einen gleichen Theil ihres Volumens ausdehnen; allein bei tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körpern ist dieses nicht im gleichen Grade der Fall; von den erstern weis man schon längst, daß ihre Ausdehnbarkeit vom Schmelzpunkte an bis zum Siedepunkte in einem steigendem Verhältnisse zunimmt. Am gleichförmigsten ist noch die Ausdehnung des Queckſilbers, wahrscheinlich, weil hier der Abstand zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt sehr groß ist.

Bei festen Körpern scheint aber, nach Versuchen von De Luc, Hallström, Dalton und Petit, die Ausdehnung mit zunehmender Wärme beträchtlich zuzunehmen, d. h. sie scheinen sich durch eine gleiche Menge Wärme um so mehr auszudehnen, je wärmer sie schon zuvor sind. Beim Baue eiserner Koch- und Heitzapparate, bei Dampfleitungsröhren, bei Zusammensetzung pyrochemischer Apparate ꝛc., muß auf die Ausdehnung in der Hitze besonders Rücksicht genommen werden.

Bei zunehmender Erhitzung geht die Ausdehnung fast aller festen Körper so weit, daß sie ihren Aggregatzustand ändern, und entweder tropfbarflüssig werden, d. h. schmelzen, oder dampfförmig sich verflüchtigen. Viele Körper fodern dazu die heftigste Weißglühhitze, einige werden

---

*) Die Ausdehnung verschiedener fester und flüssiger Körper in der Wärme zeigt die angehängte eilfte Tabelle.

dabei chemisch zersetzt, und entweder in ihre Bestandtheile aufgelöst oder in neue Verbindungen gebracht.

Einige Körper scheinen von dem Gesetze der Ausdehnung in der Wärme Ausnahmen zu machen; so nimmt das Wasser 2 bis 4 Grad über dem Gefrierpunkt*) einen geringern Raum ein als beim Gefrierpunkte und im gefrornen Zustande; eben so besitzen concentrirte Salzlaugen bei einem Wärmegrade wobei sie noch flüssig sind ein geringeres Volumen als beim Krystallisiren in der Kälte. Es ist auch eine bekannte Erscheinung, daß das Wasser beim Gefrieren, oder concentrirte Salzlaugen beim Krystallisiren, mit großer Gewalt Gefäße zersprengen, wenn sie sich nicht frei ausdehnen können; eben so weis man, daß das Eis auf dem Wasser schwimmt also specifisch leichter ist. Dieses ist aber eine Folge der polaren Anordnung der kleinsten Theilchen beim Krystallisationsprozesse, wobei leere Räume, mithin Ausdehnungen erfolgen. Dasselbe bemerkt man beim Schwefel, Gußeisen, Wismuth und andern Metallen, welche nach dem Erstarren ein krystallinisches Gefüge zeigen. Diejenigen Körper aber, welche keiner Krystallisation fähig sind, z. B. Fett, Unschlitt, Wachs, ziehen sich beim Gestehen zusammen, und nehmen mithin im festen Zustande ein geringeres Volumen ein als nach dem Schmelzen.

Der Thon besitzt die merkwürdige Eigenschaft beim Hartbrennen, anstatt sich in der Glühhitze auszudehnen, auf ein geringeres Volumen zusammen zu schwinden. Dieses rührt theils von der Verflüchtigung des Wassers, und theils von einer anfangenden Schmelzung her, und ist zu verglei-

*) Nach Biot ist die größte Dichtigkeit des Wassers bei + 2,736° R.
nach Ekstrand bei + 2,881°, nach Deluc bei + 4° R.

chen mit gepulvertem Harze, welches bis zum Schmelzen erhitzt gleichfalls zusammensinkt, weil die leeren Räume verschwinden, welche zwischen den Pulvertheilchen mit Luft ausgefüllt waren. Diese Körper folgen ebenfalls dem Gesetze der Ausdehnung durch die Wärme, sobald sie den gehörigen Grad von Cohäsion und Dichtigkeit erlangt haben.

Zu den merkwürdigsten Wirkungen der Wärme auf tropfbare Flüssigkeiten gehört das Kochen oder Sieden, wo nämlich im Innern der Flüssigkeit Dampfblasen entstehen und nach der Oberfläche steigen, um sich nach den Gesetzen elastischer Flüssigkeiten auszudehnen.

Der Siedpunkt der Flüssigkeiten, d. h. der Wärmegrad, bei welchem sie kochen, ist abhängig:

1) Von dem Grade der Verwandtschaft zum Wärmestoff, denn je leichter sich eine Flüssigkeit mit so viel Wärmestoff verbindet, daß sie dampfförmig wird, bei desto niedrigerm Wärmegrade kömmt sie ins Kochen. Daher kocht der Aether früher als der Alkohol, und dieser wieder früher als das Wasser.

2) Von dem Luftdrucke; denn das Kochen ist zugleich ein Uebertwältigen der auf die Flüssigkeit drückenden Luftsäule, und es erfolgt um so leichter je verdünter die Luft ist; daher kocht das Wasser auf hohen Bergen bei einer geringern Hitze als in niedrigen Gegenden, daß man sich sogar des Thermometers zu Höhenmessungen bedienen kann; daher ist der Siedpunkt des Wassers von der Höhe der Queckfilbersäule im Barometer abhängig, dergestalt, daß nach Biot dem Steigen oder Fallen des Barometers um 1 Zoll eine Erhöhung oder Erniedrigung des Siedpunktes um 1° C. entspricht. Daher kömmt auch erwärmtes Wasser unter dem Recipienten der Luftpumpe von selbst ins Kochen, sobald die Luft ausgepumpt wird, wenn auch die umgebende Atmosphäre ziemlich kalt ist. Darauf gründet sich auch der soge-

nannte Pulshammer, Wasserhammer oder das Temperamentenglas; wenn man nämlich eine 6 bis 8 Zoll lange und 4 bis 6 Linien weite Glasröhre vor dem Lampengeblås auf einer Seite zuschmilzt, auf der andern in eine feine Spitze auszieht und diese öffnet, dann die Röhre etwas erhitzt um Luft auszutreiben und die enge Oeffnung so lange in Wasser taucht, bis dasselbe 2 bis 3 Zoll hoch in der Röhre steht; hierauf das Wasser in derselben so lange kocht bis durch die Wasserdämpfe alle Luft ausgetrieben ist, und endlich die feine Oeffnung plötzlich zuschmilzt, so ist der Raum welchen zuvor die Luft in der Röhre eingenommen hatte, mit Wasserdampf erfüllt. Kühlt man nun die Röhre ab, so condensirt sich der größere Theil des Dampfes, und es entsteht ein luftverdünter Raum, welcher verursacht, daß das Wasser in der Röhre schon bei der Wärme der Hand zum Kochen kömmt. Dieses Kochen erfolgt jedesmal, so oft man den obern Theil der Röhre plötzlich abkühlt, und den untern mäßig erwärmt. Noch leichter erfolgt das Kochen, wenn der Pulshammer Alkohol oder Aether statt Wasser enthält.

3) Das Kochen hängt endlich auch von der Höhe der Flüssigkeitssäule ab, weil diese wie die Luftsäule wirkt, und von den Dämpfen um so schwerer überwältiget wird je höher sie ist. Daher müssen Gefäße, welche zum Verdampfen, oder Destilliren bestimmt sind (Abdampfschalen, Destillirblasen 2c.), immer mehr weit als hoch seyn.

Die Verdampfung geschieht übrigens auch langsam und ohne Kochen, und zwar gleichfalls um so schneller, je größer die Verwandtschaft des verdampfbaren Körpers zum Wärmestoffe, je größer die verdampfende Oberfläche, und je geringer der Druck der Luft und der Dämpfe ist. Daher verdampfen sogar in der Kälte nicht nur sehr flüchtige Stoffe

wie Aether, Alkohol, ätherische Oele, sondern auch Wasser, ja unter Umständen sogar Queckſilber u. ſ. w. Würde der Luftdruck von der Erde aufgehoben, ſo gäbe es bald keine tropfbaren Flüſſigkeiten mehr, weil ſie ſich dann alle dampfförmig erheben, und eine Dampfatmoſphäre bilden würden.

Da die Körper nur dadurch verdampfen, daß ſie ſich mit Wärmeſtoff verbinden, und wir keinen abſolut freien Wärmeſtoff kennen, indem die Wärme nur an wägbaren Stoffen annehmbar iſt, ſo folgt daraus, daß die zur Dampfbildung nöthige Wärme andern benachbarten Stoffen entzogen werden muß, wodurch Verdunſtungskälte entſteht. Davon kann man ſich überzeugen, wenn man eine leicht verdampfbare Flüſſigkeit, z. B. Schwefelalkohol oder Schwefeläther auf die Haut oder auf ein Thermometer tröpfelt, welches dadurch ſchnell ſinkt, und durch fortgeſetztes raſches Verdampfen weit unter den Gefrierpunkt herab gehen kann. Wollaſtons Kryophor iſt nichts anders als ein Pulshammer, doch ſo, daß die horizontale Glasröhre an jedem Ende in eine abwärts gehende Kugel endiget. Wird die eine leere Kugel ſtark abgekühlt, ſo condenſirt ſich der darin enthaltene Waſſerdampf, und das in der andern Kugel enthaltene Waſſer wird zum Verdampfen gebracht, die zur Dampfbildung nöthige Wärme wird dem Waſſer entzogen, daher kömmt es auf dieſe Weiſe zum Gefrieren. Die Alcarazas oder Hydroceramen ſind Trinkgefäße aus einem poröſen Thon, welche das darin enthaltene Waſſer durchſickern laſſen; dieſes verdampft auf der äußern Fläche des Gefäßes, und erzeugt Verdunſtungskälte, wodurch man ſich in heißen Ländern kaltes Waſſer zu verſchaffen weiß.

Wird beim Verdampfen fortwährend Wärme von Au-

ßen zugeführt, z. B. beim Kochen über Feuer, so wird zwar keine Kälte, wohl aber ein beständiges Verschwinden der Wärme bemerkbar; daher kömmt es, daß in Gefäßen, aus welchen die Dämpfe entweichen können, keine Flüssigkeit einen höhern Grad von Hitze annehmen kann, als der ist, wobei sie kocht; weil die fortwährend neu hinzukommenden Quantitäten von Wärmestoff zur Dampfbildung verwendet werden; mithin kann eine Flüssigkeit in einem offenen Gefäße bei stärkerer Erhitzung des Gefäßes zwar stärker kochen und schneller in Dampf aufgelöst werden, aber keineswegs einen höhern Grad von Hitze annehmen. Daher kömmt es, daß man Wasser in Papier kochen kann, ohne daß letzteres verbrennt. Wird aber Wasser oder eine andere verdampfbare Flüssigkeit in einem verschlossenen Gefäße erhitzt, so steigt der Druck der eingeschlossenen Luft und des bereits entstandenen Dampfes so sehr, daß die Flüssigkeit weit über ihren Siedpunkt erhitzt werden kann; ja man hat gefunden, daß in einem Papinianischen Digestor das Wasser auf mehr als + 163° R. erhitzt werden kann ohne zu kochen, worauf sich die Anwendung dieses mit einem Ventil verschlossenen metallnen Gefäßes gründet, um Knochen u. dgl. im Wasser zu erweichen und auszuziehen.

So wie die tropfbaren Flüssigkeiten, wenn sie verdampfen, beständig Wärme aufnehmen, und über einen bestimmten Grad nicht erhitzt werden können, so lange die Verdampfung währt, eben so verhalten sich die festen Körper, wenn sie schmelzen; sobald sie nämlich ihren Schmelzpunkt erreicht haben, bleiben sie solange auf gleichem Wärmegrade, welchen man den Schmelzpunkt nennt, stehen, bis alles geschmolzen ist, weil alle über diesen Grad neu hinzukommende Wärme verwendet wird, um aus dem

festen, in den flüssigen Zustand überzugehen *). Da nun beim Schmelzen des Eises das Thermometer auf demselben Punkte stehen bleibt, bei welchem das Wasser in freier Luft und unter mäßiger Erschütterung zu gefrieren anfängt, so ist der Gefrierpunkt des Wassers von dem Schmelzpunkte des Eises im Grunde nicht verschieden. Indessen können Umstände hierin eine Aenderung des Gefrierpunktes veranlassen; und zwar so, daß Wasser in einem zugedeckten Glase bei völliger Ruhe bis zu 5° R. unter dem Gefrierpunkte, ja nach Gay-Lussac bis unter — 10° R. abgekühlt werden kann, bis es fest wird. Die geringste Erschütterung ist aber im Stande das einmal soweit abgekühlte Wasser in Eis zu verwandeln, wahrscheinlich weil nur ein geringer Impuls nöthig ist, um das Gleichgewicht aufzuheben, und die polare Wirkung der Cohäsionskraft zu begünstigen (S. 107.). Eben so verhalten sich die meisten schmelzbaren festen Körper, Metalle, Schwefel, Phosphor ꝛc.; vom letztern hat man gefunden, daß er bei + 36° R. schmilzt, aber erst bei + 32° R. wieder fest wird.

Daß beim Zurückgehen der Dämpfe in den tropfbarflüssigen oder festen Zustand, eben so beim Erstarren geschmolzener Körper, Wärme frei wird, ist bereits vorhin (§. 147.) erwähnt worden; wir dürfen also annehmen, daß jede Gas- und Dampfart, jede tropfbare Flüssigkeit und jeder feste Körper aus einer wägbaren Basis und aus Wärmestoff zusammen gesetzt ist, und man kann aus den bisherigen Versuchen und Beobachtungen folgende zwei Naturgesetze abstrahiren:

---

*) Ueber die Schmelz- und Siedpunkte verschiedener Körper vergleiche man die angehängte vierzehnte Tabelle.

1) Beim Uebergang aus einem dünnern in einen dichtern Aggregatzustand wird Wärme frei;

2) Beim Uebergang aus einem dichtern in einen dünnern Aggregatzustand wird Wärme gebunden, mithin Kälte erzeugt. Daher kann man das letztere Gesetz eben so gut anwenden zur Hervorbringung künstlicher Kälte, z. B. durch Auflösung von Eis oder Schnee in Weingeist, im Sommer durchs Bespritzen des Bodens mit Wasser, um durch die Verdunstung desselben die Luft abzukühlen, durch Auflösung von Salmiak, Salpeter ꝛc. in Wasser u. s. w.; so wie man das erstere Gesetz zur Hervorbringung künstlicher Wärme z. B. durch Condensation der Wasserdämpfe benützt.

Indessen haben diese beiden Gesetze nur unter Berücksichtigung der chemischen Verwandtschaftsgesetze Gültigkeit; denn die Chemie zeigt viele Fälle, wo feste oder tropfbarflüssige Körper mehr Verwandtschaft zum Wärmestoff haben als gasförmige.

§. 149.

Thermometer. Bevor wir weiter gehen, müssen wir die Mittel kennen lernen, welche geeignet sind die Wärme zu messen. Jedes Thermometer (Wärmemaaß) beruht auf der Eigenschaft der Körper, sich bei Aufnahme einer bestimmten Menge Wärme um ein gewisses Volumen auszudehnen, und umgekehrt, beim Verluste desselben Quantums Wärme, sich wieder auf das vorige Volumen zusammen zu ziehen. Das Maaß der freien oder überschüßigen Wärme der Körper, welche auf das Thermometer wirkt, nennt man ihre Temperatur.

Da sich die Luft am meisten und gleichförmigsten durch Hinzutritt einer geringen Menge freier Wärme ausdehnt, so ist sie das empfindlichste Thermometer. Allein da sie, um ihre Ausdehnung zu sehen, mit einer beweglichen Flüssigkeit gesperrt werden muß, welche gleichfalls eine gewisse, und zwar von jener der Luft verschiedene, Ausdehnbarkeit besitzt, und da diese Sperrflüssigkeit um beweglich zu seyn, dem Drucke einer andern Quantität Luft, oder der freien Atmosphäre ausgesetzt seyn muß, so ist das Lufthermometer nur zur Bestimmung so geringer Quantitäten freier Wärme, welche durch andere Mittel nicht gemessen werden können, brauchbar.

Das gewöhnliche Lufthermometer ist eine Thermometerröhre mit einer daran geblasenen Kugel Taf. X. Fig. 111. a. Diese wird mäßig erwärmt um einen Theil der Luft auszutreiben, dann in ein Gefäß mit Queckfilber b gestellt. In der Kälte steigt das Queckfilber in der Röhre empor; aber durch die geringste Wärme wird es wieder mehr oder weniger herabgedrückt. Eine angebrachte Gradleiter dient zur Bestimmung der Wärmequantitäten. Für hohe Temperaturen ist es aber unbrauchbar, weil die Röhre entweder außerordentlich lang seyn müßte, oder das Queckfilber gänzlich herausgedrückt würde.

Leslie's Differentialthermometer (Fig. 112.) ist gleichfalls ein Lufthermometer, welches aber den Vorzug hat, daß es unabhängig von dem Drucke der äußern Atmosphäre wirkt. Es besteht aus einer zweischenklichen Thermometerröhre, in welcher sich etwas Queckfilber oder eine gefärbte Flüssigkeit befindet. Diese Röhre endiget sich an jeder Seite in eine angeblasene mit Luft gefüllte geschlossene Kugel a und b. Wird die Kugel a mehr erwärmt als die Kugel b, so drückt die in der erstern ausgedehnte Luft die Flüs-

sigkeit herab und bringt sie in dem andern Schenkel zum Steigen. Das allerempfindlichste Differentialthermometer erhält man nach Goward, wenn, statt Wasser, Alkohol oder Aether in die Röhre gebracht, und durch Erhitzung desselben der obere Theil des Thermometers mit Dampf gefüllt wird, weil hier in der Kugel, welche Wärme empfängt, nicht nur die Luft ausgedehnt, sondern auch neuer Dampf gebildet wird, während in der andern kältern Kugel nicht nur eine Compression sondern auch eine Condensation des Dampfes vorgeht.

Das Queckſilber, obgleich es von einer gleichen Menge Wärme viel weniger ausgedehnt wird als die Luft, und sehr kleine Temperaturverschiedenheiten kaum mehr anzeigt, ist doch als Thermometer weit brauchbarer, und unter allen Flüssigkeiten am brauchbarsten, theils weil es in einer luftdicht verschlossenen Röhre einen luftleeren Raum über sich gestattet und, von andern Einflüssen ziemlich unabhängig, von einer gleichen Temperaturverschiedenheit zwischen dem Gefrier- und Siedpunkte des Wassers immer gleich afficirt wird, und theils weil es als Metall unter allen Flüssigkeiten der stärkste Wärmeleiter ist, mithin die in kurzen Zeiträumen hintereinander vorgehenden Temperaturveränderungen fast augenblicklich anzeigt, also in dieser Hinsicht die größte Empfindlichkeit besitzt.

Die Einrichtung des Queckſilberthermometers ist übrigens im Allgemeinen bekannt. Die Kugel muß verhältnißmäßig groß und dünn vom Glase seyn,*) weil das Glas

---

*) Wenn aber die Kugel gar zu dünne ist, so bewirkt — wie neuere Beobachtungen gelehrt haben — der Druck der Luft eine Verminderung des Volumens derselben, wodurch der Ec-

selbst ein geringer Wärmeleiter ist. Um die Oberfläche des Queckſilbers zu vergrößern, machen einige das Queckſilbergefäß, ſtatt kugelig, cylindriſch. Die Röhre muß hinreichend lang, und überall gleich weit oder vielmehr gleich eng ſeyn, denn je enger die Röhre, deſto beſſer laſſen ſich kleine Temperatur-Verſchiedenheiten wahrnehmen. Die Röhre wird anfangs oben offen gelaſſen, dann die Kugel hinreichend erhitzt, um die Luft auszutreiben, das offene Ende in reines Queckſilber getaucht, und ſo die Kugel damit ſoweit gefüllt, daß das Queckſilber auch bei ſehr niedriger Temperatur noch in die Röhre herauf reicht. Sodann wird die Kugel noch einmal ſo weit über den Siedepunkt des Waſſers erhitzt, daß das Queckſilber die ganze Röhre ausfüllt, worauf die obere Oeffnung zugeſchmolzen wird. Um nun das Thermometer mit einer richtigen, in gleiche Grade eingetheilten, Scale zu verſehen, wird es zuerſt in zerfließenden Schnee oder ſchmelzendes Eis geſteckt, ſo lange bis das Queckſilber nicht mehr ſinkt, dann bezeichnet man den Punkt der Queckſilberhöhe, und dieſes iſt der Eispunkt, Gefrierpunkt oder Nullpunkt. Taucht man die Kugel in ſiedendes reines Waſſer, ſolange bis das Queckſilber nicht mehr ſteigt, ſo läßt ſich der Siedpunkt des Waſſers beſtimmen. Wird nun der Eispunkt mit o bezeichnet und der Raum zwiſchen demſelben und dem Siedpunkt in 80 gleiche Theile getheilt, ſo hat man das Reaumüriſche Thermometer; wird er aber in 100 gleiche Theile getheilt, ſo hat man das hunderttheilige Celſius'ſche, oder Centeſimal-Thermometer. Die Skale unter Null herab kann man be-

---

frierpunkt nach einiger Zeit höher zu ſtehen kommt, als er anfangs gefunden worden war.

liebig verlängern, indem man genau dieselben Grade macht wie über dem Eispunkte, und zunächst diesem mit 1 abwärts zu zählen anfängt. Hat man eine hinreichend lange Thermometerröhre, so kann man die Skale über den Siedpunkt des Wassers hinauf bis zum Siedpunkt des Queckſilbers, d. h. bis zu 282° verlängern.

Da der Schmelzpunkt des Eiſes und der Siedpunkt des Waſſers (in einem metallnen Gefäße) bei gleicher Barometerhöhe immer derſelbe iſt, ſo laſſen ſich auf dieſe Weiſe coreſpondirende Thermometer verfertigen.

Die Reduktionen zwiſchen der Celſius'ſchen und Reaumür'ſchen Skale ſind ſehr leicht, indem ſich ein Grad C. zu R. verhält, wie 5 : 4, d. h. 5 Centeſimalgrade machen 4 Reaumürſche aus.

Fahrenheit hat ſeinen Siedepunkt auf dieſelbe Weiſe beſtimmt, aber den Nullpunkt nicht bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes, ſondern bei der einer Miſchung von Kochſalz und Schnee, welche um 32 Fahrenheitiſche Grade tiefer ſteht, angeſetzt. Zwiſchen dieſem Nullpunkte und dem Siedpunkte theilte Fahrenheit ſeine Skale in 212 gleiche Grade ein; dieſe Skale hat alſo zwiſchen dem Eispunkte und dem Schmelzpunkte 180 Grade. Ein Fahrenheitiſcher Grad verhält ſich zu einem Reaumür'ſchen wie 9 : 4 und zu einem Celſius'ſchen wie 9 : 5. Wenn man die Grade der Fahrenheit'ſchen Skale zu Graden der eben genannten beiden Thermometer machen will, ſo muß man, wenn von Graden über Null die Rede iſt, vorher 32 Grade abziehen, bei Graden unter Null 32 addiren *). Das Fah-

---

*) Eine Vergleichung der Fahrenheitiſchen mit der Celſius'ſchen und Reaumüriſchen Skale findet man auf der angehängten **zehnten Tabelle.**

renheitische Thermometer ist vorzüglich in England, das Celsius'sche in Frankreich und das Reaumürsche in Teutschland gebräuchlich. De Lisle theilte die Skale zwischen dem Sied- und Eispunkte in 105 Grade, und fieng oben beim Siedpunkt zu zählen an; diese Eintheilung ist aber wenig gebräuchlich.

Noch ist zu bemerken, daß die Grade über Null mit + und jene unter Null mit — bezeichnet werden; und daß bei sehr genauen Temperaturbestimmungen auch auf die Ausdehnung des Glases, in welches das Queckfilber eingeschlossen ist, Rücksicht genommen werden muß.

Da das Queckfilber bei — 32° R. gefriert und bei Temperaturen, welche über den Siedpunkt des Wassers gehen ungleichere Ausdehnungen erleidet, auch bei + 282° R. ins Sieden kömmt, so bedient man sich zur Bestimmung großer Kälte Grade eines Weingeistthermometers; und zur Bestimmung großer Hitzegrade eines Pyrometers. Der Weingeist, welcher bei allen bekannten Kältegraden nicht gefriert, erleidet zwar bei gleichen Temperatur-Veränderungen größere Volums-Veränderungen als das Queckfilber *), allein er bewegt sich wegen der geringern Wärmeleitungskraft weit langsamer, giebt daher ein faules Thermometer. Um den Weingeist besser zu sehen, wird er gefärbt.

Man hat auch Thermometer mit einer Vorrichtung, wodurch sich die gemachten Bewegungen selbst aufzeichnen, um vorzüglich bei meteorologischen Beobachtungen den während der Abwesenheit des Beobachters erlangten höchsten oder niedrigsten Stand sehen zu können; man nennt dieses Instrument Thermometergraph. Es ist eine mit etwa

*) Vergleiche die eifte Tabelle.

4 Pfund Queckſilber angefüllte eiſerne Röhre, oben mit einer offenen Glasröhre in Verbindung. Auf dem Queckſilber ſchwimmt ein Stückchen Stahl, welches mit einem feinen Schnürchen verſehen iſt, das um eine Rolle geht und auf der andern Seite ein Gewicht trägt, und zwar ſo, daß ſich die Rolle beim Sinken und Steigen des Queckſilbers vor und rückwärts dreht, und einen Zeiger in Bewegung ſetzt. Die Grade befinden ſich auf einem kreisförmigen Zifferblatte; auch iſt ein Sperrhaken angebracht, in der Art, daß der Zeiger bei dem Maximum ſeiner Bewegung feſt gehalten wird u. ſ. w.

Man hat auch Metall-Thermometer erfunden, wobei kein Queckſilber, überhaupt keine Flüſſigkeit, im Spiele iſt; Ellicot, Mortimer, Löſer, Muſchenbroek, Smeaton, Jörgenſee, Regnier, Holzmann und Brequet haben ſich vorzüglich damit beſchäftiget. Holzmann's Metall-Thermometer gründet ſich auf die ungleiche Ausdehnung verſchiedener Metalle in der Wärme; es beſteht aus zwei ringförmig oder ſpiralförmig gebogenen Streifen von Platin und Meſſing, welche an einem Ende befeſtiget ſind, und am andern mittelſt eines Hebels einen Zeiger in Bewegung ſetzen *). Brequets Metall-Thermometer hat eine ähnliche Einrichtung.

§. 150.

Pyrometer. Um Grade von Hitze zu meſſen, wofür alle die (§. 149.) angeführten Thermometer nicht mehr brauch-

---

*) Eine genaue Beſchreibung und Abbildung des Holzmann'ſchen Metall-Thermometers findet man in Scholz Phyſik. 2te Aufl. S. 232.

bar sind, hat Wedgwood die Eigenschaft des Thons, sich in der Roth- und Weißglühhitze bis zur anfangenden Schmelzung zusammen zu ziehen, benützt. Er formte aus sorgfältig gereinigtem und besonders gemischtem Thon cylindrische Stückchen, und brannte sie etwas in der Rothglühhitze. Als Maaßstab dienten zwei parallelexipedische Stäbe von Thon oder Metall, welche auf einer ebenen Fläche convergirend befestiget wurden, und zwar so, daß sie oben, am Anfange des Maaßstabes, weiter als unten von einander entfernt waren. Auf diesen Stäben ist beiderseits die in 240 Grade getheilte Skale angebracht. Die gebrannten Thonstückchen hatten genau die Größe, daß sie am Anfang der Skale bis zu o zwischen die Stäbe paßten; war dieß nicht der Fall, so mußten die Grade, um welche das Thonstückchen zuweit in den Maaßstab gieng, nach dem Gebrauche von dem erhaltenen Resultat abgezogen werden; war hingegen das Thonstückchen zu groß, so daß es nicht völlig bis 0° gieng, so mußte man die fehlende Anzahl von Graden zu dem Resultate addiren. Diese Vorrichtung nannte Wedgwood Pyrometer (Feuermesser).

Um einen hohen Hitzgrad mittelst dieses Pyrometers zu messen, wird ein Thonstückchen in das Feuer gelegt, nach hinreichendem Glühen herausgenommen, und nach dem Erkalten zwischen die Stäbe geschoben. Je größer die Hitze war, desto weiter läßt sich nun das Thonstückchen in den Maaßstab einbringen. Es versteht sich, daß ein solches Thonstückchen nur einmal gebraucht werden kann. Seit Wegwood's Tod will man aber bemerkt haben, daß sich die Thonstückchen, welche man jetzt aus England bezieht, weniger gleichmäßig zusammenziehen, wie diejenigen, welche von dem Erfinder geliefert worden waren, wahrscheinlich weil

jetzt auf die Mischung und Bearbeitung des Thons weniger Sorgfalt verwendet wird.

Guyton Morveau hat ein Platinpyrometer vorgeschlagen, welches die Hitzgrade genauer anzeigt, indessen doch nicht mit vollkommener Genauigkeit, weil nach Dulong's und Petits Versuchen die Ausdehnung fester Körper, den Wärmequantitäten nicht proportional ist. Dulong machte daher den Vorschlag, die Hitze durch die Expansion der Luft zu messen, welche in einem Platingefäß eingeschlossen wird.

Daniell in London wendet als Pyrometer eine Platinstange an, welche $10\frac{1}{3}$ Englische Zoll lang ist, und 0,14 im Durchmesser hat. Sie wird in eine Röhre von Graphit-Tiegelmasse eingesetzt, so daß sie auf den Boden aufsteht; nach vornen hat sie einen dünnen Platindraht, der mittelst eines passenden Räderwerks mit einem Zeiger auf einer runden Skale den Unterschied in der Ausdehnung der Platinstange und der Graphitröhre mißt.

§. 151.

Specifische Wärme. Alle wägbaren Materien haben Verwandtschaft zum Wärmestoff, oder zu dessen Bestandtheilen, und sind deßhalb damit verbunden, und zwar so, daß auch die kältesten Körper, die wir kennen, nicht ganz frei davon sind, und daß man kaum je im Stande seyn wird, einen Körper völlig wärmefrei darzustellen. Doch ist der Gehalt an Wärmestoff in den verschiedenen Substanzen sehr ungleich, und richtet sich bei gleichartigen Materien nach dem Umfange und der Dichtigkeit, bei ungleichartigen, aber außerdem nach besondern Verwandtschaftsgraden. Die in Körpern von ungleichen Temperaturen enthaltene Menge Wärmestoff, die wir nicht genau zu bestimmen im Stande sind, heißt

absolute Wärme. Vergleichen wir aber die Menge Wärmestoff, die zwei oder mehrere Substanzen bei gleicher Temperatur besitzen, oder die kalte Körper aufnehmen, um einen gleichen Wärmegrad zu erlangen, so finden wir die eigenthümliche oder specifische Wärme. Die dabei wirkende Anziehungs- oder Verwandtschaftskraft nennt Crawford „Wärmecapacität".

Je größer also die Wärmecapacität eines Körpers ist, desto mehr nimmt er Wärmestoff von einem andern mit ihm in Berührung gesetzten Körper in sich, um damit eine gleiche Temperatur zu erlangen, und desto größer ist dann seine specifische Wärme.

Es ist leicht einzusehen, daß zwei oder mehrere Antheile eines gleichartigen Körpers von verschiedener Temperatur eine gleiche specifische Wärme zeigen werden, sobald sie gleiche Temperatur erlangen. Nehmen wir z. B. zwei gleiche Theile Wasser, wovon die Temperatur des einen 0° die des andern 100° ist, so wird die Flüssigkeit nach der Vermischung eine Temperatur von 50° erlangen. Vermischen wir 1 Pfund Wasser von 60° und 1 Pf. von 40° Wärme, so muß die Temperatur nach der Vermischung gleichfalls $\frac{60 + 40}{2} = 50$ seyn.

Dieses gilt aber nur so lange als die gleichartigen Körper dieselbe Dichtigkeit und gleichen Aggegatzustand besitzen; denn eine Substanz, z. B. Wasser, besitzt im festen Zustande (als Eis) eine geringere Wärmecapacität als im tropfbarflüßigen, und in diesem wieder eine geringere als im Dampf- oder Gaszustande. Black hat durch Versuche gefunden, daß Eis oder Schnee von 0° um in tropfbarflüssiges Wasser von gleicher Temperatur überzugehen, so viel Wärmestoff

bindet als nöthig gewesen wäre, um die gleiche Quantität tropfbarflüssigen Wassers von 0 bis auf + 60° R. zu erwärmen. Wenn man also 1 Pfund Schnee von 0° mit 1 Pf. Wasser von + 60° R. vermischt, so schmilzt er augenblicklich, und sämmtliche Flüssigkeit besitzt nachher nur eine Temperatur von 0°. Uebergießt man 6 Pf. Schnee von — 10° R. mit 1 Pf. eiskaltem Wasser, so gefriert letzteres und die gemeinschaftliche Temperatur ist 0°; hier ist also durch das Festwerden des Wassers dieselbe Menge der gebundenen Wärme wieder frei geworden. Eis von 0° hat also um + 60° R. weniger latente Wärme als eine gleiche Quantität Wasser von 0°. Wenn also Wasser sehr schnell in den festen Zustand übergeht, so muß eine beträchtliche Menge Wärmestoff frei werden, z. B. beim Kalklöschen. Das Gegentheil findet bei der Dampfbildung Statt. Werden 9 Theile Wasser von + 14° R. mit 1 Th. Wasserdampf von + 80° R. vermischt, so wird dieser auf ein Mal zu Wasser und die Temperatur der Mischung ist + 66° R.; es hat also jeder der 9 Theile Wasser 32° Wärme erhalten, welche zusammen 52 . 9 = 468° R. ausmachen; der Dampf hat aber nur 14° verloren, folglich müssen von ihm dem Wasser noch über 454° mitgetheilt worden seyn, die in ihm enthalten waren, ohne seine Temperatur zu ändern. Als Mittelzahl aus mehrern Versuchen kann man annehmen, daß Wasser von 80° R. um in Dampf von gleicher Temperatur verwandelt zu werden 440 bis 450° Wärme bindet, und daß beim Uebergange des Dampfes in Wasser eben so viel Wärme frei werden muß; 1 Pfund Wasserdampf von 80° in eiskaltes Wasser geleitet, kann demnach 5,672 Pfund des letztern zum Siedpunkte erhitzen oder 7,56 Pfund Eis schmelzen.

Ungleichartige Körper besitzen aber auch bei gleichem Aggregatzustande ungleiche Wärmecapacitäten.

Vermengt man daher eine gleiche Menge Wasser von 0° mit eben so viel Queckſilber von 100°, so zeigt das Gemenge nur eine Temperatur von + 3°, woraus ſich ergiebt, daß das Queckſilber 97° Wärme an das Waſſer abgegeben hat, um es auf gleiche Temperatur (von 3°) zu verſetzen, d. h. daß das Queckſilber, um auf + 97° erhitzt zu werden, nicht mehr Wärmeſtoff nöthig hat, als das Waſſer, um auf + 3° erwärmt zu werden, daß alſo die ſpecifiſche Wärme des Waſſers 97 iſt, wenn die des Queckſilbers 3 iſt oder 32,33, wenn wir ſtatt 3 die Zahl 1 ſetzen, oder daß, wenn wir die ſpecifiſche Wärme des Waſſers mit 100 bezeichnen, jene des Queckſilbers nur ungefähr 3 beträgt. Vermengt man einen Gewichtstheil Waſſer von + 100° mit einem Gewichtstheil Queckſilber von 0°, ſo wird aus demſelben Grunde das Gemenge + 97° Wärme zeigen, weil das Waſſer nur 3 Grad herzugeben braucht, um das Queckſilber auf + 97° zu erhitzen. Die Wärmecapacität oder die ſpecifiſche Wärme des Waſſers iſt alſo bedeutend größer als die des Queckſilbers, indem es bei gleichem Wärmegrade ziemlich 33 Mal ſo viel Wärmeſtoff enthält als das Queckſilber.

Auf gleiche Weiſe laſſen ſich alle Flüſſigkeiten, welche nicht chemiſch auf einander wirken, mit einander vergleichen, um ihre Wärmecapacität oder ihre ſpecifiſche Wärme zu beſtimmen. Allein, da dieß nicht bei feſten Körpern angeht, ſo hat man eigene Vorrichtungen zu dieſem Zwecke erfunden, welche man Calorimeter nennt.

Lavoiſiers Methode beſteht darin, daß man den Körper, deſſen ſpecifiſche Wärme gefunden werden ſoll, bis auf einen gewiſſen Grad erwärmt, und in eine Eiskugel von 0°

so lange einschließt, bis derselbe gleichfalls die Temperatur von 0° angenommen hat, und zugleich bestimmt, wie viel Eis hierbei geschmolzen ist. Die Menge des geschmolzenen Eises steht also mit der specifischen Wärme des dabei abgekühlten Körpers in genauem Verhältnisse. Dieser Calorimeter muß aber die Einrichtung haben, daß das Eis nicht durch äußere Einflüße geschmolzen wird, und daß das geschmolzene Wasser genau nach dem Gewichte bestimmt werden kann; eine allerdings schwierige Aufgabe. Nach dieser Methode verhält sich die specifische Wärme der Körper, wie das Gewicht des Eises, welches sie bei ihrem Erkalten schmelzen; es versteht sich von selbst, daß bei dieser Bestimmung das Gewicht und die Wärme der Körper immer durch Berechnung auf eine gewisse Einheit gebracht werden müssen.

Aus verschiedenen calorimetrischen Versuchen ergab sich unter andern als Resultat das Gesetz, daß die Körper unter übrigens gleichen Bedingungen in einem gegebenen Medium um desto langsamer erkalten, je größer ihre specifische Wärme ist. Auf dieses Gesetz haben Dulong und Petit ihre Methode, die specifische Wärme zu bestimmen, gegründet, nämlich nach der Zeit der Abkühlung von einer gegebenen Temperatur bis auf einen gewissen Grad, eine Methode, die auf alle Substanzen anwendbar ist. Dulong und Petit machten ihre Bestimmungen im luftleeren Raume, Dalton aber in der Zimmerluft. Bei diesen Bestimmungen wird vorausgesetzt, daß alle Körper den Wärmestoff gleich schnell fahren lassen, daß sich also die Zeit des Abkühlens verhalte, wie die Menge des entweichenden Wärmestoffes *), eine

*) Eine Vergleichung der specifischen Wärme verschiedener Körper, das Wasser gleich 1,0000 gesetzt, zeigt die dreizehnte Tabelle.

Voraussetzung, die allerdings sehr problematisch ist. Es läßt sich nicht läugnen, daß die Wärmecapacität nichts anders als die chemische Verwandtschaft ist, daß also ein Körper um so mehr Wärmestoff aufnehme, um mit einem andern gleiche Temperatur zu erlangen, je größer die chemische Anziehungskraft ist; man kann aber daraus folgern, daß die Menge der in gleichen Zeiträumen frei werdenden Wärme nicht genau der Wärmemenge entspricht, und daß ein Körper die Wärme um so langsamer fahren läßt, je größer seine Anziehung dazu ist.

§. 152.

Wärmeleitung. Im Allgemeinen nimmt ein Körper den Wärme-Ueberschuß benachbarter Körper um so schneller auf, und giebt ihn wieder um so schneller ab, je geringer seine Wärmecapacität, und je größer der bereits erlangte Hitzegrad ist. Diese Eigenschaft den Wärme-Ueberschuß benachbarter Gegenstände aufzunehmen, und denselben wieder an kältere Körper abzugeben, heißt die Wärmeleitungskraft, und Substanzen, welche dieselbe im vorzüglichen Grade besitzen, heißen gute Wärmeleiter, jene Körper aber, welche benachbarten Gegenständen die höhere Temperatur nur langsam entziehen, die einmal erlangte Wärme lange zurückhalten und langsam wieder fortleiten, nennt man schlechte Wärmeleiter, oder warme Körper. Alle Metalle sind gute Wärmeleiter, daher fühlen sie sich kalt an, weil sie der berührenden Hand Wärme entziehen, um sie auf andere benachbarte Gegenstände fortzuleiten. Die verschiedenen Metalle besitzen aber die Wärmeleitungskraft nicht alle in gleichem Grade; nach Ingenhouß's Versuchen folgen sie in folgender Ordnung abnehmend auf einander: Silber, Gold, Kupfer, Zinn, dann in einem beträcht-

lich geringern Grade Platin, Eisen, Stahl, Blei. Die Steine folgen zunächst auf die Metalle, besonders die härtern, z. B. Diamant, Topas, Quarz u. s. w. Steinartige Kunstprodukte, Porzellän, gebrannte Erde, Töpfergeschirr, Ziegelsteine, Glas sind schon schlechtere Wärmeleiter. Zu den schlechtesten Wärmeleitern gehören unter den festen Körpern trockne thierische und vegetabilische Substanzen, vorzüglich solche, welche viel Luft in sich einschließen, nämlich die verschiedenen Holzarten, Kohle, Asche, Stroh, Flachs, Baumwolle und die daraus verfertigten Zeuge; und unter den thierischen Körpern besonders Federn, Seide, Wolle, Haare. Daraus lassen sich verschiedene Erscheinungen aus dem praktischen Leben leicht erklären, warum z. B. hölzerne Wohnungen im Winter wärmer sind, als gemauerte, warum ein Schindel- oder Strohdach im Sommer kühler und im Winter wärmer hält als ein Metall- oder Ziegeldach; warum eiserne Oefen zwar schneller heitzen, aber auch nach dem Verlöschen des Feuers weit eher wieder kalt werden als thönerne Oefen; warum Eis oder Schnee im Frühling unter einer Decke von Holz oder Stroh später schmilzt als im Freien; warum Wasser in einem metallnen Gefäß schneller zum Kochen kömmt als in einem gläsernen von gleicher Form und Größe; warum ein silberner Löffel auf einer Seite glühend gemacht, auf der andern bald so heiß wird, daß er mit freier Hand nicht mehr gehalten werden kann, während ein gleichlanger hölzerner Spahn bis nahe an die Hand hin abbrennen kann, ohne daß er am andern Ende heiß wird, warum sich einige Körper kalt anfühlen und andere nicht u. s. w.

Die Mittheilung der Wärme richtet sich aber nicht einzig nach der Wärmecapacität, sondern auch nach der Größe und Beschaffenheit der Oberflächen fester Körper. Feine

Spitzen, matte rauhe Oberflächen nehmen die Wärme weit leichter und schneller auf und geben sie auch leichter und schneller von sich als glatte glänzende Flächen; daher bleibt z. B. heißes Wasser in einem metallnen Gefäß, welches recht blank gescheuert ist, weit länger heiß, als in einem mit Rost oder Ruß bedeckten; daher kühlen sich Speisen auf silbernen Tellern weit langsamer ab, als auf irdenen, daher geben Oefen mit matter Oberfläche und mit verschiedenen Erhabenheiten und Vertiefungen dir Wärme weit besser von sich als glatte glänzende Oefen. Daraus folgt auch, daß, je größer die Oberfläche eines Körpers ist, desto leichter und schneller er Wärme aufnimmt oder abgiebt, daher bleibt Wasser in einer Kugel länger heiß, als in einem paralleleipedischen Gefäße, weil erstere bei der kleinsten Oberfläche die größte Menge Wasser faßt. Darauf hat man also beim Bau der Oefen eben so wie bei der Einrichtung der Kühlgefäße sehr zu sehen, daß die Oberfläche möglichst groß werde.

Flüssigkeiten, sowohl tropfbare als elastische, leiten die Wärme auf zweifache Weise, nämlich einmal wie feste Körper, indem sie dieselbe ruhig durchleiten, und zweitens durch Bewegung; indem die erwärmten Theilchen sich ausdehnen, werden sie specifisch leichter und begeben sich nach oben, wodurch die Mittheilung der Wärme durch die ganze Masse sehr erleichtert und beschleuniget wird. Daher geschieht die Erwärmung der Luft und der tropfbaren Flüssigkeiten von oben herab äußerst langsam. Bei Einrichtung der Kochapparate und der Beheitzung unserer Wohnungen ist diese doppelte Wärmeleitung der Flüssigkeiten sehr zu berücksichtigen. Von unten auf erhitzt kommen Flüssigkeiten immer weit schneller ins Kochen, als wenn das

Feuer seitwärts angebracht ist. Hohe Zimmer heitzen sich daher auch langsamer als niedrige, weil die erwärmte Luft anfangs aufwärts und die kältere abwärts steigt.

Wenn die leichte Ausdehnsamkeit und Beweglichkeit der Flüssigkeiten durch Wärme nicht wäre, so gehörten sie alle (die geschmolzenen Metalle ausgenommen) zu den schlechtesten Wärmeleitern; was sich leicht finden läßt, wenn man Wasser, Oel, Weingeist, Luft u. s. w. von oben herab zu erwärmen sucht. Wegen der größern Wärmeleitungskraft der Metalle kommen Flüssigkeiten schneller zum Kochen, wenn man von den Wänden des Kochgefäßes aus metallne Stücke u. dgl. in die Flüssigkeit gehen läßt.

Da das nicht bewegte Wasser schon ein ziemlich schlechter Wärmeleiter ist, so gilt dieß auch vom Eis und Schnee, welche für alle Grade unter o zu den schlechten Wärmeleitern gehören; daher gewährt eine Schneedecke Schutz vor dem Erfrieren der Wintersaat. Eis und Schnee fühlen sich nur deßhalb kalt an, weil das Wasser erst bei ziemlich niedriger Temperatur zu den festen Körpern gehört, und weil es Körpern von höherer Temperatur Wärme entzieht um wieder flüssig zu werden.

Unter allen Substanzen ist die ruhige Luft der schlechteste Wärmeleiter; daher ist der Nutzen doppelter Fenster im Winter um so größer, je fester sie die Luftschicht zwischen sich einschließen; daher auch Koch- und Schmelzöfen, Kesseldeckel u. s. w. die Wärme weniger zerstreuen, wenn sie die Einrichtung haben, daß sie zwischen der innern und äußern Wand eine Luftschicht einschließen, doch so, daß sie sich bei starker Erhitzung durch eine angebrachte Oeffnung ausdehnen kann, weil sie sich sonst gewaltsam einen Ausweg bahnen würde.

So wenig die verschiedenen Metalle in Hinsicht ihrer

Wärmeleitungskraft einander gleich sind, eben so wenig scheint dieß bei den verschiedenen Gasarten der Fall zu seyn. Das Wasserstoffgas wird wahrscheinlich unter allen der schlechteste Wärmeleiter seyn.

§. 153.

Bewegung der Wärme. Die Fortpflanzung der Wärme in festen und tropfbarflüssigen Körpern scheint nur durch Mittheilung zu geschehen, indem die wärmern Theilchen ihren Wärmeüberschuß an die kältern abgeben, und zwar in Zeiträumen, welche der Wärmeleitungskraft proportional sind, oder mit den Wärmecapacitäten in umgekehrten Verhältnissen stehen. Allein außer dieser durchgeleiteten Wärme kennen wir in elastischen Medien und im luftleeren Raume noch eine strahlende Bewegung, welche nach den Gesetzen der Bewegung des Lichtes erfolgt. Wenn daher die Wärme aus einem festen Körper in ein durchsichtiges Medium tritt, so bewegt sie sich zum Theil unabhängig von der durchgeleiteten Wärme in geraden Strahlen fort, und diese Wärmestrahlen werden, wie die Lichtstrahlen, in durchsichtigen Medien von ungleicher Dichtigkeit gebrochen, nur mit dem Unterschiede, daß die Brechbarkeit der Wärmestrahlen geringer ist; sie werden von glänzenden Flächen zurückgeworfen, und von dunkeln und rauhen Flächen absorbirt. Wenn also, unter übrigens gleichen Umständen, Körper mit glänzenden Flächen langsamer sich erwärmen, und von benachbarten Körpern die Wärme langsamer aufnehmen und wieder abgeben, als Körper mit matter oder rauher Oberfläche (§. 152.), so rührt dieß eigentlich von der reflectirenden Eigenschaft glänzender Flächen her. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man einen blanken Kessel mit seiner concaven Seite in geringer Entfernung vor das Gesicht hält,

wobei eine erhöhte Wärme fühlbar wird, weil die von der Oberhaut ausgehende Wärme von der glänzenden Metallfläche reflectirt und wieder auf das Gesicht zurück geworfen wird; daher kömmt es auch, daß, obgleich jedes Metall ein guter Wärmeleiter ist und sich deßhalb kalt anfühlt, dessen ungeachtet goldene und silberne Halsketten warm halten, und daß man Wärme empfindet, wenn man einen Theil der Oberfläche des Körpers mit Gold- oder Silberblättchen belegt.

Pictet stellte zwei metallne Hohlspiegel (Reflectoren) von 9 Zoll Brennweite in 12,5 Fuß Entfernung einander so gegen über, daß ihre Axen eine gerade Linie bildeten. Brachte er in den Brennpunkt des einen Spiegels einen warmen, wenn auch nicht leuchtenden, Körper, z. B. einen Kolben mit heißem Wasser, so fieng ein in den Brennpunkt des andern Hohlspiegels gestelltes Luftthermometer sogleich, zu steigen an; ja, wenn man in den Focus des einen Hohlspiegels einen stark glühenden Körper hält, so kann man in dem des Andern Feuerschwamm anzünden. Bringt man in den Brennpunkt des einen Hohlspiegels einen kalten Körper z. B. ein Stück Eis, so fällt das im Brennpunkte des andern Hohlspiegels stehende Thermometer, aus dem Grunde, weil die von der Thermometerkugel ausgehenden Strahlen von den beiden Hohlspiegeln auf den kalten Körper reflectirt, und dort absorbirt werden.

So wie das Licht nicht nur von hellen und glänzenden sondern auch, wiewohl im geringern Grade, von dunkeln und rauhen Oberflächen reflectirt wird, so ist dieß auch von den Wärmestrahlen der Fall. Ob aber die strahlende Bewegung der Wärme auch durch tropfbare und feste Körper hindurch geht, ist noch nicht hinreichend untersucht. So viel ist gewiß, daß, wenn man vor einem convex geschliffenen Stück

Eis ein lebhaftes Strohfeuer macht, ein hinter die Eisscheibe in ihren Focus gesetztes Thermometer steigt; allein da im Feuer Licht ist, so ist es möglich daß nur dieses durchstrahlt und beim Durchgehen zum Theil in Wärme verwandelt wird.

Die Geschwindigkeit der strahlenden Wärme kennen wir nicht; so viel ist gewiß, daß sie so groß ist, daß die Quantität der in bestimmten Zeiträumen ausstrahlenden Wärme durch das Thermometer nicht gemessen werden kann. Herschel und mit ihm mehrere andere Physiker nehmen an, daß sie der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen gleichkomme, und daß die Sonnenstrahlen zusammengesetzt seyen aus Lichtstrahlen und Wärmestrahlen. Läßt man nämlich Sonnenstrahlen durch ein dreiseitiges Prisma in ein finsteres Zimmer auf correspondirende Thermometer fallen, so findet man, daß der violette Strahl kaum eine erwärmende Kraft besitzt, daß gegen den rothen Strahl hin die Wärme zunimmt, daß aber noch außerhalb des Farbenspectrums in einer Entfernung von ½ Zoll auf der Seite des rothen Strahls nichtleuchtende Strahlen hinfallen, welche am meisten erwärmen. Diese Erscheinung zeigt allerdings, daß die Sonnenstrahlen durchs Prisma zerlegt werden in gefärbte Lichtstrahlen, welche einen größern Brechungswinkel haben, und in dunkle Wärmestrahlen, welche am wenigsten gebrochen werden, ferner daß diese beiden Strahlenbüschel zwei Spectra bilden, welche zum Theil einander decken, indem ein Theil der Wärmestrahlen noch in das leuchtende gefärbte Sonnenbild fällt. Allein da wir die Wärme nur an wägbaren Stoffen wahrnehmen, so ist damit noch nicht erwiesen, daß die Strahlen, wie sie von der Sonne kommen, schon außerhalb unserer irdischen Atmosphäre solche Wärmestrahlen besitzen; im Gegentheile machen es verschiedene Versuche und Beo-

bachtungen wahrscheinlicher, daß die Wärmestrahlen aus den Lichtstrahlen erst erzeugt werden durch die wägbaren Bestandtheile der Luft u. s. w. Die Sonnenstrahlen können also beim Durchgange durchs Prisma in ihrer Bewegung zum Theil so gehemmt und modificirt werden, daß ein leuchtendes und ein wärmendes Spectrum entsteht.

III.

Elektricität und Magnetismus.

§. 154.

Ursprung der Elektricität. Dieselben Bewegungen, welche Licht und Wärme erzeugen, vorzüglich mechanische Bewegungen, Stoß, Druck, Reibung, Veränderung des Aggregatzustandes, Krystallisation, Flüssigwerdung, Verdampfung, Condensation, Berührung heterogener Körper, vorzüglich auch Licht- und Wärme-Differenz, erzeugen noch eine andere Reihe von Erscheinungen, welche sich durch Polarität, durch Bildung oder Ausscheidung entgegengesetzter Punkte oder Elemente, mithin durch Abstoßen und Anziehen, durch chemische Scheidung und Mischung heterogener Elemente charakterisirt, also den Uebergang der mechanischen Bewegungen in die chemischen bildet. Reiben wir z. B. eine Siegellackstange auf Tuch oder Flanell, oder überhaupt Nichtleiter an einander, so bemerken wir nicht nur, daß sich die geriebenen Körper erwärmen und vielleicht im Finstern einen phosphorischen Schein, also Licht und Wärme, von sich geben, sondern auch, daß die geriebenen Körper nunmehr die Eigenschaft besitzen, leichte Körper, z. B. Flaumfedern, kleine Papierstreifen, Goldblättchen, Silberblättchen ꝛc., aus der Entfer-

nung anzuziehen, eine Zeit lang fest zu halten, und dann wieder abzustoßen. Aehnliche Erscheinungen von wechselseitigen Anziehen und Abstoßen, also von Polarität, lassen sich unter gewißen Umständen durch verschiedene Körper und Mittel, z. B. durchs Erwärmen einiger krystallisirter Mineralien, durchs Aufeinanderlegen verschiedener Metalle, durch einseitiges Erwärmen, durch Berührung derselben mit Säuren u. s. w. hervorbringen. Die erste Beobachtung dieser Erscheinungen geschah am geriebenen Bernstein (griechisch „Elektron"), mithin nannte man den Inbegriff dieser Phänomene Elektricität, und einen Körper, welcher die Eigenschaft besitzt, leichte Körperchen anzuziehen und abzustoßen, nennt man also elektrisch. Nach der Art der Erregung unterscheidet man Reibungs- oder Maschinen-Elektricität, Berührungs-Elektricität, oder Galvanismus, Verdampfungs- oder Luft-Elektricität, Krystall-Elektricität, Thermo-Elektricität u. s. w.

Eine andere, aber ähnliche, Reihe von Polaritäts-Wirkungen wurde gleichfalls schon längst am Eisen und an gewißen Eisenerzen, nämlich am Magneteisensteine und Magnetkies beobachtet und Magnetismus genannt. Wenn nämlich der Magneteisenstein (natürliche Magnet) kleinen Eisentheilchen (Eisenfeilspänen) genähert wird, so zieht er dieselben gleichfalls aus der Entfernung an, und hält sie fest; stößt sie aber nachher nicht mehr ab. Wenn man aber zwei Magnete neben einander leichtbeweglich horizontal aufhängt, so zeigen sie zwar an gewissen Punkten oder Polen dieselbe Eigenschaft, nämlich gegenseitiges Anziehen; dreht man aber den einen Magnet nach der entgegengesetzten Seite, und nähert ihn der Seite des andern Magnets, welche zuvor anziehend gewirkt hat, so bemerkt man hier, statt

Anziehung, Abstoßung, kurz es zeigt sich eine ähnliche Polarität wie bei den elektrischen Körpern.

Endlich fand man, daß elektrische Bewegungen unter gewißen Umständen auch Magnetismus äußern, oder auf den Magnet wirken, so wie umgekehrt magnetische Körper auch elektrische Eigenschaften besitzen können; und dieser Conflict von elektrischen und magnetischen Erscheinungen wird Elektromagnetismus genannt.

Auch zeigte es sich, daß, so wie gewiße Körper durchs Erwärmen elektrisch werden, wieder andere Körper durch ungleiches Erwärmen magnetische Eigenschaften annehmen; und diesen Conflict von Wärme und Magnetismus nennen wir Thermomagnetismus.

Was die organischen Körper betrifft, so werden sie nicht nur von den elektrischen und magnetischen Wirkungen unorganischer Körper gleichfalls afficirt, sondern sie zeigen auch schon in ihrem Baue und in ihren Functionen gewiße Polaritäten; ja man fand sogar, daß sich bei Menschen mit feinen und reitzbaren Nerven bisweilen Erscheinungen zeigen, welche eine Umkehrung oder Versetzung der Nervenpole vermuthen lassen. Der Inbegriff dieser organisch-polaren Erscheinungen wird Lebensmagnetismus, oder thierischer Magnetismus genannt. Dieser ist aber gegenwärtig noch kein Gegenstand der Physik, weil wir seine Gesetze noch nicht kennen, wir wollen also die Untersuchung desselben der Physiologie und Pathologie überlassen.

Wir halten uns hier zunächst an das elektrische und magnetische Verhalten der unorganischen Körper.

§. 155.

Elektrisches System der Körper. Prüfen wir verschiedene Körper durchs Reiben und Annähern zu andern, z. B. zu

einem an Seidenfaden frei aufgehängten Korkkügelchen, so finden wir vor Allem, daß einige Körper durchs Reiben elektrisch werden, und dann aber auch lange Zeit elektrisch bleiben, oder mit andern Worten, daß sie die Elektricität langsam von sich geben, während dagegen andere Körper sehr schnell elektrisch werden, aber auch eben so schnell, und fast in einem Augenblicke die Elektricität fortleiten, oder andern Körpern mittheilen. Vergleichen wir diese Körper mit ihrem Verhalten zu Licht und Wärme, so finden wir, daß die schlechten Wärmeleiter auch schlechte Leiter für die Elektricität sind: dahin gehören vorzüglich Glas, Harz, Bernstein, Schwefel, Wachs, Seide, Wolle, Haare, gedörrtes Holz, trockne Luft ꝛc. Man nennt sie Nichtleiter, obgleich sie im Stande sind, die Elektricität langsam fortzuleiten, und weil sie die Elektricität lange abgesondert erhalten, Isolatoren, oder weil sie durchs Reiben aus sich selbst Elektricität entwickeln, idiolektrische (selbstelektrische) Körper.

Einige Körper, welche auch für die Wärme bessere Leiter sind, als die ebengenannten, sind es auch für die Elektricität, z. B. Wasser und andere wässerige Flüssigkeiten, feuchte Luft, nicht gedörrte organische Körper, Dämpfe, Rauch, der Erdboden, Kreide und andere erdige Mineralien ꝛc.; diese nennt man Halbleiter.

Endlich finden wir, daß alle gute Wärmeleiter, vorzüglich die Metalle, auch gute Elektricitätsleiter sind; man nennt sie Leiter, oder anelektrische Körper, weil sie keine Elektricität behalten, oder aus sich entwickeln können, so lange sie in leitender Verbindung stehen; obgleich sie auch durch Reiben elektrisch werden können, wenn sie nur zuvor durch Nichtleiter isolirt sind. Es giebt nur einige wenige Abweichungen zwischen dem Verhalten der Kör-

per zur Wärme und zur Elektricität: die Kohle und der Graphit, z. B. welche schlechte Wärmeleiter sind, gehören zwar auch nicht zu den besten Elektricitätsleitern, indessen leiten sie die Elektricität doch weit besser als die Wärme.

Wenn zwei ungleichartige Körper, z. B. zwei Nichtleiter, etwa Harz und Glas, durchs Reiben, oder auch zwei ungleichartige Leiter, z. B. Zink und Silber durch Berührung, Elektricität erregen, so werden sie jederzeit beide, und zwar in gleichem Grade elektrisch, allein mit entgegengesetzten Eigenschaften, und dieses ist ein Hauptprincip der Elektricitätslehre. Reiben wir — um bei dem gegebenen Beispiele stehen zu bleiben — einen Harzkuchen auf einer Glasscheibe, und nähern denselben einem am Seidenfaden aufgehängten Korkkügelchen, so wird dieses sogleich angezogen, einige Zeit am Harze hängen bleiben, und dann abgestoßen, bald darauf aber wieder angezogen und wieder abgestoßen u. s. w. Nähert man nun dem abgestoßenen Kügelchen das Glas, woran das Harz gerieben worden war, so wird es davon sogleich angezogen, und die Elektricität verschwindet nach einiger Zeit. Nimmt man zwei neben einander aufgehängte Korkkügelchen, und nähert einen elektrischen Körper, so fahren sie aus einander, setzt man aber von zwei abgesonderten Kügelchen das eine mit dem geriebenen Harze, und das Andere mit dem Glase in Berührung, und nähert sie dann einander, so werden sie zusammenfahren.

Ertheilt man also einem Korkkügelchen die Elektricität des Harzes, so wird es von derselben Elektricität abgestoßen; dasselbe ist auch der Fall, wenn man Siegellack, Schwefel, Wachs, Wolle u. dgl. mit Glas reibt, und dem Kügelchen, welches hier als Elektrometer dient, nähert. Wird aber dem mit der Harzelektricität begabten Kügelchen,

das mit den genannten Körpern geriebene Glas genähert, so wird es davon angezogen, die freie Elektricität vermindert sich oder verschwindet gänzlich.

Dadurch wurde Du Fay zuerst auf die Idee geleitet, daß es zwei verschiedene elektrische Materien gebe, wovon jede besonders mit einer wägbaren Substanz im völligen Gleichgewicht sich befinde; daß aber dieses Gleichgewicht durch Reibung und andere Impulse gestört werde, wodurch die elektrischen Materien sich auf der Oberfläche der Körper anhäufen und die elektrischen Erscheinungen hervorbringen. Die Elektricität des Harzes wurde Harzelektricität, und jene des Glases Glaselektricität genannt. Mithin dachte man sich diese beiden Elektricitäten wie ungleichartige chemische Stoffe, etwa wie Sauerstoff und Wasserstoff, die im getrenntem Zustande sich befinden und nach Verbindung streben.

Allein in der Folge zeigte sich, daß ein Körper mit verschiedenen andern Körpern gerieben, nicht immer dieselbe Elektricität besitze, daß z. B. Harz mit glattem Glase gerieben zwar Harzelektricität, mit mattem Glase aber oder mit Schwefel gerieben Glaselektricität erhalte, und so umgekehrt, daß Glas zwar mit Harz, Schwefel, Wachs, Papier, Seide u. dgl. gerieben, Glaselektricität, mit Katzenbalg aber Harzelektricität empfange, daß von gleichartigen, an einander geriebenen Körpern gewöhnlich der glättere, kältere, der nach der Länge geriebene Glaselektricität, der rauhere, wärmere, der nach der Breite geriebene hingegen Harzelektricität äußere. So fand auch Coulomb, daß zwischen zwei an einander geriebenen Körpern derjenige, welcher sich am meisten ausdehnt, Harzelektricität annimmt, der andere hingegen, welcher sich weniger ausdehnt, Glaselektricität erhält. Franklin fand sich durch solche Umstände bewo-

gen nur eine elektrische Materie anzunehmen, welche sich durch die genannten Impulse auf dem einen Körper, welcher zwischen zweien die stärkere Anziehungskraft hat, anhäufe, wodurch in dem andern ein relativer Mangel entstehe, und daß diese Ungleichheit und die darauffolgende Ausgleichung der Grund aller elektrischen Erscheinungen sey. Franklin nannte den Körper, welcher Elektricität aufnimmt, positiv elektrisch und bezeichnete ihn mit + E; denjenigen aber, welcher Elektricität abgiebt, negativ elektrisch, letzterer erhielt also das Zeichen — E. Glas mit Harz gerieben, erhält + E, das Harz aber zeigt — E. Da diese Bezeichnungsweise sehr einfach und auch auf eine dualistische Hypothese anwendbar ist, so haben sie jetzt alle Physiker angenommen, und zwar so, daß + E immer Glaselektricität, und — E Harzelektricität bedeutet. Die Franklinische oder sogenannte unitäre Theorie betrachtet also die beiden entgegengesetzt elektrischen Körper wie Wärme und Kälte, welche sich mit einander ins Gleichgewicht zu setzen suchen. Da diese Hypothese die meisten elektrischen Erscheinungen sehr einfach und ziemlich befriedigend erklärt, so sind noch heut zu Tage mehrere ausgezeichnete Physiker derselben zugethan.

Indessen fand sich doch Robert Symmer, ein englischer Physiker, nachher bewogen wieder eine neue dualistische Theorie aufzustellen, nach welcher die elektrische Materie zusammengesetzt ist aus zwei Elementen, welche mit + E und — E bezeichnet werden, und mit einander verbunden im neutralen Zustande in den Körpern enthalten sind. So lange diese beiden elektrischen Principien in Verbindung sich befinden, äußern sie keine elektrischen Erscheinungen; allein durch verschiedene mechanische und chemische Reitzmittel wird, dieser Theorie zufolge, das elektrische

Gleichgewicht gestört, und die Verbindung von + E und — E mehr oder weniger getrennt. Diese getrennten elektrischen Principien begeben sich auf die Oberfläche der Körper, und werden von verschiedenen Materien mehr oder weniger angezogen, festgehalten oder fortgeleitet. Wird also Glas an Harz gerieben, so wird auf beiden Körpern nach ihrer specifischen Anziehungskraft Elektricität frei, das Glas zieht zu seinem + und — E aus dem Harze noch einen Theil überschüßiges + E an, und giebt dagegen einen Theil seines — E an das Harz ab, welches dadurch zu seinem eigenen + und — E noch einen Ueberschuß — E erhält. + E und — E ziehen sich wechselseitig an, + E und + E, so wie — E und — E stoßen sich hingegen ab; sobald daher ein mit + E begabter Nichtleiter einem nicht elektrischen Leiter oder Nichtleiter genähert, oder mit ihm in Berührung gesetzt wird, so trennen sich die elektrischen Bestandtheile des letztern gleichfalls in einem verhältnißmäßigen Grade, indem — E von dem genäherten + E angezogen, und davon festgehalten wird, ohne sich damit sogleich innig vereinigen zu können, während das frei gewordene + E abgestoßen wird. Verbindet man einen negativ elektrischen Nichtleiter mit einem nichtelektrischen Körper, so wird von letztern + E angezogen und festgehalten und — E abgestoßen. Ist der Körper selbst beweglich, z. B. ein am Seidenfaden aufgehängtes Korkkügelchen, so wird er von der freien Elektricität mit fortgerissen, mithin selbst zum entgegengesetzt elektrischen Körper hingezogen. Entfernt man den elektrischen Körper, so kehren die aufgeregten elektrischen Principien wieder in den Nichtleiter zurück, neutralisiren sich, und die freie Elektricität ist gänzlich verschwunden. Wird aber der durch Annäherung jenes elektrischen Nichtleiters elektrisch gewordene Leiter, während die genäherte

Elektricität darauf Einfluß hat, berühret oder sonst mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, dann verliert er die abgestoßene gleichnamige Elektricität, und behält dann nach Entfernung des elektrischen Nichtleiters die entgegengesetzte Elektricität, welche von letzterm festgehalten worden war, frei zurück. Wird einem leitenden Körper freie Elektricität mitgetheilt, so breitet sie sich, es mag + E oder — E seyn, sogleich auf der ganzen Oberfläche desselben aus; und befindet sich der Leiter mit der Erde oder mit andern leitenden Körpern in Berührung, so breitet sich die Elektricität noch weiter aus, d. h. sie wird fortgeleitet und dadurch unmerklich. Ist hingegen der leitende Körper isolirt, d. h. von allen Seiten mit Nichtleitern umgeben, und nicht mit scharfen Kanten, Ecken oder Spitzen versehen, so bleibt die ihm mitgetheilte freie Elektricität auf seiner Oberfläche so lange haften, bis sie nach und nach von den umgebenden Nichtleitern, vorzüglich von der Luft zum Verschwinden gebracht wird. Die Isolation der Leiter (Metalle) geschieht am besten durch trockne Luft, Glas, Harz, Seide. Die Ausströmung der freien E hingegen, geschieht am besten durch Ecken, Kanten und Spitzen. Wird einem mit freier Elektricität begabten Leiter ein anderer Körper bis auf eine gewiße Entfernung genähert, so wird dieser auf die angegebene Weise gleichfalls electrisch, indem seine beiden E E getrennt; die ungleichnamigen E angezogen, und die gleichnamigen abgestoßen werden. Nähert man diesen Körper noch mehr, so wird endlich die Anziehung der ungleichnamigen E E überwiegend, indem sie sich dann nicht mehr bloß in der Entfernung fest halten, sondern wirklich vereinigen und zum Verschwinden kommen. Diese Vereinigung geschieht, wenn die freien E E nicht ganz unbedeutend sind, in der Luft mit einem knisternden Geräusch und mit einem

hellen Funken, welcher, wenn die Menge der freien E E sehr beträchtlich ist, und die Entfernung der elektrischen Körper mehrere Linien oder Zoll beträgt, eine im Zickzack gehende Bewegung zeigt; und zugleich bemerkt man einen eigenen phosphorartigen Geruch. Nähert man aber einem + elektrischen Körper einen andern + elektrischen, oder einem mit — E begabten einen andern — elektrischen Körper, so bemerkt man nicht nur kein Anziehen und keinen Funken, sondern sogar, wenn die Körper leichtbeweglich sind, ein gegenseitiges Abstoßen. Die Entfernung, in welcher sich elektrische Körper einander anziehen oder abstoßen, nennt man die elektrische Atmosphäre, oder den elektrischen Wirkungskreis, welcher immer darauf beruht, daß Nichtleiter, also auch die atmosphärische Luft, bei der Berührung mit einem elektrisirten Leiter bis auf eine gewiße Entfernung entgegengesetzt elektrisch werden, und daß diese aus dem Nichtleiter entwickelte Elektricität von der ungleichnamigen Elektricität des Leiters fixirt (festgehalten) wird, ohne sich sogleich innig damit vereinigen zu können, wodurch also auf der andern Seite die gleichnamige Elektricität des Leiters aus dem Nichtleiter frei werden und die elektrische Atmosphäre bilden muß, welche auf der Oberfläche des Gesichts das Gefühl der Berührung mit Spinnengewebe erzeugt. Nichtleiter haben auch eine elektrische Atmosphäre, aber nur von geringer Intensität.

§. 156.

Elektrisirmaschine. Um die freien Elektricitäten in möglichst großer Menge durch Reibung künstlich aus den Körpern hervorzulocken und anzusammeln, wurden während des 18ten Jahrhunderts eigene Elektrisirmaschinen erfunden, welche nach und nach vielseitig verbessert und abgeän-

dert wurden, und jetzt so allgemein bekannt sind, daß es überflüssig wäre, dieselben ausführlich zu beschreiben. Die Haupttheile einer jeden Elektrisirmaschine sind 1) der Reiber, 2) das Reibzeug, und 3) der Conductor.

Der Reiber ist ein fester Nichtleiter, am besten eine Scheibe oder Walze von Glas, welche mittelst einer Kurbel um die Axe gedreht wird, um durch Reibung Elektricität zu erregen. Nach der Gestalt des Reibers wird die Maschine eine Scheibenmaschine, oder Cylindermaschine genannt. Sonst hatte man auch Kugelmaschinen, bei welchen der Reiber eine gläserne Kugel war. Man hat auch Schwefel, Schellak, Seiden- und Wollenzeug als Reiber anzuwenden versucht, kam aber immer wieder auf das Glas zurück. Die größten und wirksamsten Maschinen sind Scheibenmaschinen; indessen giebt es auch sehr vortreffliche Cylindermaschinen.

Das Reibzeug ist am besten ein Kissen von feinem Kalbsleder, welches auf einem Brettchen befestigt, und mittelst Stahlfedern an den Reiber gedrückt wird. Die Scheibenmaschinen haben gewöhnlich 2 oder 4 solcher Kissen. Man hat gefunden, daß die meiste Elektricität entwickelt wird, wenn man das Kissen mit einem Amalgam aus Queckfilber, Zinn und Zink bestreicht. Das beste Verhältniß scheint zu seyn 2 Theile Queckfilber, 1 Theil Zinn und 1 Theil Zink. Einige nehmen auch 7 Theile Queckfilber, 2 Theile Zinn und 4 Theile Zink. Die letzten beiden Metalle werden zusammen geschmolzen, das Queckfilber zuerst erwärmt und dann darunter gerührt, und das Ganze in einer Reibschale gerieben, bis es gleichartig und fein zertheilt ist. Dieses Amalgam wird mit etwas Schweinfett auf das Kissen gestrichen.

Um sowohl + als — E ansammeln zu können, wird das Reibzeug auf Glasfüßen isolirt; und um die Zerstreuung

der erregten Elektricität zu verhindern, wird es mit Flügeln von Wachstaffet versehen, welche sich über den Reiber bis in die Nähe des Einleiters zum Conductor ausbreiten.

Der Conductor oder Hauptleiter ist gewöhnlich ein hohler meßingener Cylinder auf allen Seiten möglichst glatt und abgerundet, in einer zum Reiber angemessenen Größe, und möglichst gut isolirt. Auf die Masse kömmt es beim Conductor nicht an, und man kann sich eben so gut massiver hölzerner Cylinder, mit Metallblättchen überzogen, bedienen wie hohler messingener Cylinder, wenn nur seine Oberfläche metallisch glänzend und hinreichend groß ist, und wenn die übrigen Bedingungen erfüllt sind. Um den Conductor zu isoliren, stellt man ihn auf Glasfüße, oder hängt ihn an Seidenbändern auf; und um ihm die zwischen dem Reibzeuge und Reiber erregte Elektricität mitzutheilen, versieht man ihn gegen den Reiber zu mit ein paar kleinern Cylindern, oder, wie es scheint, mit noch besserem Erfolg, mit Spitzen, welche dem Reiber zugekehrt und demselben möglichst nahe sind. Dieser Theil des Conductors heißt der Einleiter oder Zuleiter, weil man sonst glaubte, daß er die freie Elektricität aus dem Reiber aufnehme, und sie dem Conductor zuführe; allein es unterliegt kaum mehr einem Zweifel, daß sich die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine darauf gründet, daß durch die Friction im Reiber beständig + E und — E vereiniget und in Wärme verwandelt werden, indem vom Reibzeug + E und vom Conductor — E abgegeben wird, woraus nothwendig folgt, daß am Reibzeug — E und am Conductor + E zurückbleiben muß. Am äußern Ende des Conduktors wird gewöhnlich eine kleine messingene Kugel angeschraubt, weil man gefunden hat, daß aus dieser längere Funken erhalten werden, als von der größern Fläche des Conductors. Die hohlen messingenen

Conductoren sind gewöhnlich an einer oder an ein paar Stellen mit runden Löchern durchbohrt, um die Elektricität auch auf der innern Fläche anzusammeln. Um auf dem Conductor nach Belieben entweder + E oder — E ansammeln zu können, giebt man der Maschine die Einrichtung, daß der Einleiter eben sowohl dem Reibzeuge als dem Reiber entgegengestellt werden kann. Im letztern Falle sammelt sich auf demselben + E, im ersten hingegen — E.

Sind bei der Elektrisirmaschine alle Theile gut isolirt, so beschränkt sich die beim Umdrehen frei werdende Elektricität nur auf die Quantitäten, welche dem Reiber und Reibzeuge entlockt werden können; setzt man aber das Reibzeug mit der Erde in leitende Verbindung, nämlich mittelst Metalldraht oder Kette, dann wird während des Drehens beständig neue Elektricität zugeführt, und in + E und — E zerlegt. Will man den Conductor mit — E laden, so muß man denselben mit dem Reibzeuge, den Reiber hingegen mit dem Boden in leitende Verbindung setzen. Eine negative Ladung erhält aber nie den Grad von Intensität, wie die positive Ladung, weil die Luft und jeder andere Nichtleiter, welcher die Ladung fixiren soll, leichter + E abgiebt als empfängt.

Mit einer Elektrisirmaschine lassen sich die (§§. 154 u. 155.) angegebenen Erscheinungen sehr stark und deutlich darstellen: isolirte leichte Körper werden aus beträchtlicher Entfernung vom elektrisirten Conductor angezogen, und nachdem sie kurze Zeit damit in Berührung gewesen, wieder abgestoßen, bei Annäherung eines Fingers bricht ein leichter stechende Funke aus, dessen Stärke sich nach der Größe und Kraft der Maschine richtet. Die Entfernung, in welcher der Funke auf einen dem Conductor genäherten

Körper überspringt, nennt man die Schlagweite *); sie ist immer beträchtlich kleiner als die elektrische Atmosphäre des geladenen Conductors.

Versieht man den Conductor mit einer Spitze, so zeigt sich im Dunkeln an derselben ein bläuliches Licht, das wie ein Feuerbüschel sich umher verbreitet, und dabei bemerkt man ein knisterndes Geräusch und einen phosphorartigen Geruch; weil nämlich durch Spitzen die freie Elektricität abgeleitet oder vielmehr disponirt wird, aus der umgebenden Luft die entgegengesetzte Elektricität anzuziehen und sich damit zu neutralisiren. Dieselben Erscheinungen zeigen sich auch am isolirten Reibzeuge, jedoch mit dem Unterschiede, daß man keinen Lichtbüschel, sondern einen leuchtenden Punkt wahrnimmt. Nähert man hingegen mit der Hand eine Metallspitze dem + elektrischen Conductor, so zeigt sich hier der leuchtende Punkt, und umgekehrt zeigt sich wieder ein Lichtbüschel, wenn man die Spitze dem — elektrischen Reibzeuge nähert. Wird mit dem Conductor ein anderer isolirter Leiter in Verbindung gesetzt, so erhält er mit ersterm gleiche Elektricität, weil er nur als eine Fortsetzung des Conductors erscheint. Dasselbe ist der Fall, wenn sich ein Mensch auf dem Isolirschemmel mit dem Conductor in leitende Verbindung setzt. Bei einer unterbrochenen Leitung, wo doch die Summe der Zwischenräume kleiner als die Schlagweite, oder wenigstens die elektrische Wir-

---

*) Die größte Schlagweite, die man bisher durch eine Maschine bewirken konnte, ist unter günstigen Umständen 24 Zoll, nämlich bei der großen von Cuthbertson construirten Scheibenmaschine (mit 2 Scheiben) im Teyler'schen Museum zu Harlem. Die gewöhnlichen Maschinen haben eine weit geringere Schlagweite.

kungsweite ist, erscheint in jedem Zwischenraume ein Funke. Darauf beruhen mehrere ergötzende Versuche: die Blitztafeln, das Erscheinen leuchtender Namen, Sterne u. s. w. Eine Menge anderer, mitunter sehr auffallender Erscheinungen, die sich mit der Elektrisirmaschine darstellen lassen, z. B. der Tanz papierner Puppen zwischen zwei metallenen Scheiben, wovon die eine mit dem Conductor, und die andere mit dem Fußboden in Verbindung steht, das elektrische Glockenspiel, der Frankliniſche Bratenwender, der elektrische Mörser, der elektrische Haarpinsel, das Laufen hohler Glaskugeln in einem metallenem Reifen, die elektrische Spinne, der Feuerregen u. dgl. Versuche mehr, welche man in den physikalischen Wörterbüchern beschrieben findet, sind aus den angegebenen Grundsätzen leicht erklärbar.

Da nur die trockne Luft gut isolirt, die Wasserdämpfe aber zu den Halbleitern gehören, so ist leicht einzusehen, daß die elektrischen Versuche am besten bei trockner Luft gelingen; bei feuchter Atmosphäre aber, z. B. in einem Zimmer, wo mehrere Menschen beisammen sind, setzt sich die freie Elektricität des Conductors sehr bald von selbst ins Gleichgewicht, daher die Wirksamkeit der Maschine sehr verringert wird.

§. 157.

Verstärkungsflasche. Wenn in die elektrische Atmosphäre des geladenen Conductors, ein isolirter nicht elektrischer Leiter mit glatter Oberfläche, etwa ein zweiter Conductor, gebracht wird, doch so, daß er die Schlagweite desselben nicht erreicht, so wird dieser zweite Leiter gleichfalls elektrisch, und zwar durch Vertheilung seiner eigenen E E; ist der Conductor a (Fig. 113.) positiv elektrisch, so wird b auf der demselben zugekehrten Seite x negativ und am andern

Ende y positiv elektrisch, weil — E von dem + E des Conductors angezogen, + E hingegen abgestoßen wird. Berührt man den Leiter b in diesem Zustande mit dem Finger in y, so zeigt sich darauf keine freie Elektricität mehr, weil + E durch die Berührung entfernt — E, aber von dem + E des Conductors a festgehalten wird. Entfernt man nun diesen Leiter b, isolirt aus der Atmosphäre des Conductors a, so zeigt er wieder freie Elektricität, und zwar in seiner ganzen Ausdehnung — E, weil die anziehende Kraft des positiv elektrischen Conductors a entfernt ist, und das eigene + E schon zuvor durch die berührende Hand entzogen worden war.

Läßt man den Leiter b in der Atmosphäre des Conductors, und wird diesem fortwährend + E aus der Elektrisirmaschine zugeführt, während b durch Berührung bei y in leitender Verbindung mit der Erde bleibt, so häuft sich eine große Menge + E auf dem Conductor, und eben so viel — E auf dem Leiter b an, weil in dem Maße, als + E durch die Maschine dem Conductor zugeführt wird, auch — E auf dem Leiter b angehäuft werden muß, und beide E E durch den dazwischen befindlichen Nichtleiter, nämlich in diesem Falle durch die Luft, von der gänzlichen Vereinigung abgehalten werden. Rückt man nun den Leiter b dem Conductor näher bis zur Schlagweite, dann vereinigen sich plötzlich die beiden E E mit einem weit stärkern und knallendern Funken als der Conductor außerdem je zu geben im Stande ist. Hier hat also die Gegenwart des zweiten, nicht vollkommen isolirten, Leiters b in der elektrischen Atmosphäre des Conductors a als Verstärkungsmittel gewirkt. Dasselbe ist der Fall, wenn man statt trockner Luft einen andern Nichtleiter zwischen zwei glatten (nicht mit Spitzen versehenen) Leitern, wovon dem einen fortwäh-

rend + E oder — E zugeführt wird, während der andere in leitender Verbindung mit der Erde steht, so anbringt, daß beide Leiter zwar in elektrischer Atmosphäre, aber außer der Schlagweite sich befinden. Wenn man also z. B. eine Glasscheibe auf beiden Seiten mit Staniol belegt, doch so, daß die Metallflächen um einige Linien kleiner sind, als die Glasflächen, so kann auch diese belegte Scheibe als elektrisches Verstärkungsmittel dienen, sobald der einen Belegung freie Elektricität zugeführt wird. Nimmt man nachher einen gabelförmig gebogenen Draht, welcher an jedem Ende mit einem Knöpfchen und in der Mitte mit einer isolirenden Handhabe, etwa mit einer angeklebten Siegellackstange, versehen ist, und berührt man mit dem einen Knöpfchen die eine geladene Fläche, während das andere Knöpfchen bis zur Schlagweite der entgegengesetzten Fläche genähert wird, so erfolgt auch hier eine plötzliche Entladung, d. h. Neutralisation der entgegengesetzten E E, mit Knall und hellem Funken. Der Knall rührt von dem Widerstande her, welchen die isolirende Luft den beiden Elektricitäten in den Weg legt. Bedient man sich als Auslader eines Drahtes, welcher statt Metallknöpfchen an den Enden mit feinen Spitzen versehen ist, so vereinigen sich die beiden E E in sehr beträchtlicher Entfernung durch die Luft ohne Knall und Funken, weil hier die Anziehung der Elektricitäten gleichsam auf einen Punkt gerichtet ist und mithin weniger Hinderniß zu überwinden hat, als wenn sie von Flächen aus wirkt.

Auf dem Principe der Vertheilung von + E und — E in ihrer elektrischen Atmosphäre durch eine darzwischen befindliche dünne Schicht eines Nichtleiters beruht die Verstärkungsflasche oder Ladungsflasche, welche Herr von Kleist i. J. 1745 erfunden, und Musschenbroeck in Leyden nachher verbessert hat, weßhalb sie auch Kleistische

oder Leydner-Flasche genannt wird. Zur Verfertigung dieser Verstärkungsflaschen nimmt man große Zuckergläser oder so weithalsige Glasflaschen, daß man sie inwendig gut belegen kann; sie werden sowohl auswendig als inwendig mit Staniol oder Silberblättchen mittelst Hausenblasen-Auflösung oder Gummiwasser so beklebt, daß die beiden Metallflächen ein Paar Zoll weit vom obern Rande abstehen, und überall möglichst glatt sind. Das Glas muß dünn und überall gleich in der Masse seyn. Die innere Belegung wird mit dem Conductor der Elektrisirmaschine dadurch in Communication gesetzt, daß man einen Draht, welcher damit in Berührung ist, zur Flasche herausgehen läßt, und am obern Ende mit einer messingenen Kugel (dem Knopfe) versieht, welcher an den Conductor gebracht wird. Um die äußere Belegung mit der Erde in leitende Verbindung zu setzen, kann man die Flasche auf einen metallnen Teller stellen, welcher mittelst Draht oder Kette mit dem Fußboden communicirt. Endlich, um alle leitende Verbindung zwischen der innern und äußern Belegung möglichst zu unterbrechen, die Luft in der Flasche trocken zu erhalten und das Einfallen des Staubes zu verhindern, überzieht man gewöhnlich den obern, nicht belegten Theil der Flasche mit Harzfirniß, und verschließt die Oeffnung mit einem überfirnißten Deckel von Pappe oder scharfausgetrocknetem Holze, durch dessen Mitte der Zuleitungs-Draht geht.

Wird der innern Belegung Elektricität mitgetheilt, so heißt man dies die Flasche laden.

Werden mehrere solche Leidner Flaschen miteinander in Communication gesetzt, was gewöhnlich dadurch geschieht, daß man mehrere Flaschen in eine gemeinschaftliche Metallkapsel stellt, und die Knöpfe der Zuleitungsdrähte durch Metallstangen verbindet, so hat man eine elektrische

Batterie, deren Wirksamkeit nach Quadratfuß der Belegung geschätzt wird. Um die Stärke der Ladung beurtheilen zu können, muß man die Flaschen während des Ladens mit einem Henlyschen Quadranten-Elektrometer (Fig. 115.) in Verbindung setzen. Zur Entladung einer Verstärkungs-Flasche oder Batterie bedient man sich eines Ausladers, welcher aus hinreichend starkem Messingdraht verfertigt, an jedem Ende mit einem Knopfe, in der Mitte mit einer gläsernen Handhabe und mit einem Gewinde versehen ist, um ihn für größere und kleinere Flaschen gebrauchen zu können. Es versteht sich aus dem bereits Vorgetragenem von selbst, daß Nichtleiter eine Verstärkungs-Flasche nicht entladen können, und daß, wenn eine geladene Flasche oder Batterie isolirt ist, durch Berührung des Knopfes allein noch keine Entladung erfolgt. Steht aber die äußere Belegung der Flasche mit dem Fußboden in leitender Verbindung, so erfolgen bei Berührung des Knopfes wiederholte stechende Funken, bis die Flasche endlich entladen ist, weil der berührende Körper gleichfalls mit dem Boden in unvollkommen leitender Verbindung steht, mithin den Kreis schließt. Durch eine gut geladene Batterie von mehrern großen Flaschen kann beim plötzlichen Ausladen ein so starker elektrischer Schlag hervorgebracht werden, daß man damit größere Thiere zu tödten im Stande ist. Geben sich mehrere Menschen die Hände, und berührt der eine davon mit einem Metallknopfe zuerst die äußere Belegung einer geladenen Leidner Flasche, während der andere dem Knopfe der innern Belegung einen Leiter oder auch nur die Hand nähert, so erfolgt gleichfalls eine Entladung, welche alle, die den Kreis schließen, durch eine erschütternde Empfindung an den obern Extremitäten wahrnehmen. Will man den Entladungs-Funken durch verschiedene Substanzen

gehen lassen, so ist dazu Henly's allgemeiner Auslader (Fig. 117.) sehr bequem; dieser besteht nämlich aus zwei isolirt beweglichen Messingdrähten a b, welche an den gegen einander gekehrten Enden mit Knöpfen versehen sind, und mit einem Harzkuchen c in Verbindung stehen, auf welchem die Substanzen, deren Verhalten zur Elektricität geprüft werden soll, mit beiden Drähten berührt werden können.

Eine sehr compendiöse Ladungsflasche von bedentender Capacität (gewissermaßen eine Taschenbatterie) kann man sich dadurch verschaffen, wenn man einen langen in der Wärme gut ausgetrockneten Papierstreifeu auf beiden Seiten mit Bernsteinfirniß überzieht, hierauf die eine Hälfte desselben auf beiden Seiten mit unächten Goldblättchen oder mit Goldpapier so belegt, daß ein hinlänglicher unbelegter Rand bleibt. Legt man nun die unbelegte Hälfte auf die belegte und wickelt beide auf einander, um einen hinreichend starken Messingdraht so dicht wie möglich, doch so, daß der Messingdraht auf einer Seite 2 Zoll weit über diese Papierrolle herausragt, und schiebt man hierauf die Rolle in eine Metallröhre, so kömmt mit dieser das äußere Belege des Streifens in Berührung, während das innere Belege den Messingdraht berührt, welcher die Stelle des innern Drahts der Leydner Flasche versieht; die nicht belegte Hälfte des Streifens hält beide Belege auseinander und vertritt die Stelle des Glases der Leydner Flasche.

§. 158.

Elektrophor. Wenn man einer Verstärkungs-Flasche die Einrichtung giebt, daß die Belegungen isolirt vom Glase entfernt werden können, so bemerkt man nach weggehobenen Belegungen an diesen keine freie Elektricität, wenn auch

die Flasche zuvor gut geladen war, woraus man sieht, daß die sich bindenden Elektricitäten am Glase haften. Statt einer Flasche kann man sich noch bequemer einer Glasscheibe oder eines Harzkuchens und zweier Metallplatten bedienen, wovon wenigstens die obere mittelst seidener Schnüre abgehoben werden kann. Auf diese Einrichtung gründet sich Volstas Elektrophor, oder beständiger Elektricitätsträger, dessen wesentliche Theile folgende sind: 1) die Form oder Schüssel, 2) der Kuchen, und 3) der Teller oder Deckel.

Die Form ist eine flache metallne Schüssel oder Scheibe von etwa 2 Fuß im Durchmesser mit aufstehendem Rande von 3 bis 5 Linien Höhe. Sie kann von Messing, Weißblech oder auch von Holz oder Pappe seyn, welche letztere mit Staniol oder Metallpapier überzogen werden.

Der Kuchen ist von Harz, am besten aus Siegellackmasse, oder wohlfeiler etwa aus 2 Theilen Colophonium, 1½ Theilen Schellack und 1 Theil venetianischen Terpentin zusammen geschmolzen und in die erwärmte Form gegossen, so daß diese ganz damit angefüllt ist. Der Kuchen muß auf seiner Oberfläche eben geflossen seyn, damit der darauf gelegte Deckel überall gut anschließt. Sollten sich nach dem Eingießen Blasen auf der Oberfläche gebildet haben, so kann man sie durch Annäherung einer heißen Metallplatte entfernen. Der Harzkuchen darf übrigens nicht zu dick seyn, denn in der Regel giebt ein dünner Kuchen mehr Elektricität als ein dicker.

Der Deckel oder Teller ist eine ebene wohl abgerundete Metallscheibe, deren Durchmesser etwa ein Paar Zoll kleiner als jener der Oberfläche des Kuchens ist. Man kann sich einer Scheibe von Holz oder Pappe bedienen, die von allen Seiten mit Staniol oder sogenanntem Silberpa-

pier überzogen ist. Damit sie auf dem Kuchen gut anschließe, ist es vortheilhaft, wenn man den Deckel von Holz auf der untern Seite etwas aushöhlen, die Höhlung mit Pferdehaaren locker ausstopfen und dann mit Leinwand bespannen läßt, bevor man denselben mit Staniol oder Silberpapier überzieht; und damit man den Deckel isolirt abheben und aufsetzen kann, versieht man ihn auf der obern Seite mit seidenen Schnüren oder mit einem aufgekütteten Glasstabe. Uebrigens müssen alle Theile des Elektrophors möglichst glatt und abgerundet seyn.

Es ist leicht einzusehen, daß sich dieser Elektrophor ungefähr wie eine Verstärkungsflasche verhält, und daß die Schüssel mit dem Deckel die beiden Metallbelegungen, der Kuchen aber den dazwischen befindlichen Nichtleiter zur Vertheilung der Elektricität darstellen. Dieser Elektrophor muß sich also, wenn der Teller auf den Kuchen gelegt und die Form mit der Erde in leitende Verbindung gebracht ist mittelst der Elektrisirmaschine laden lassen, wie eine Verstärkungs-Flasche. Gewöhnlich ertheilt man ihm aber dadurch Elektricität, daß man den Kuchen nach abgehobenem Deckel mit Katzenbalg reibt, oder mit Fuchsschwanz peitscht, und hierauf den Deckel aufsetzt. Durchs Reiben wird nämlich auf dem Harzkuchen — E frei, und in soferne derselbe, nicht völlig isolirt ist, muß nach dem Gesetze der Vertheilung nothwendig auf seiner untern, der Form zugekehrten, Fläche + E entstehen. Durch Aufsetzen des Deckels wird auch an diesem Elektricität vertheilt, indem dessen + E vom — E des Kuchens festgehalten — E aber zurückgestoßen wird. Sobald man aber die beiden Belegungen, nämlich Form und Deckel, dadurch in leitende Verbindung setzt, daß man sie zugleich mit den Fingern berührt, so erhält man einen schwachen Entladungsschlag, indem sich die zu-

rückgestoßenen — E und + E vereinigen, während an der dem Harzkuchen zugekehrten Seite des Deckels noch immer + E gebunden bleibt. Hebt man nun den Deckel isolirt ab, so zeigt er eine große Menge freies + E, welches zuvor von dem — E des Harzkuchens festgehalten worden war; nähert man nun dem abgehobenen Deckel die Hand, so erhält man einen nicht unbeträchtlichen Entladungsfunken, und das freie E des Deckels ist verschwunden. Das — E aber bleibt unverändert am Harzkuchen zurück, und man kann sehr oft hintereinander den Deckel aufsetzen, berühren, wieder abnehmen und entladen, ohne das — E des Harzkuchens zu vermindern, weil das freie + E des Deckels immer nur dadurch entsteht, daß man sein eigenes — E durch leitende Berührung mit der Form entzieht, wodurch nothwendig sein + E, welches vom — E des Harzes festgehalten worden war, beim isolirten Abheben frei werden muß. In sehr trockner Luft behält der geladene Elektrophor sein — E mehrere Wochen, ja Monate lang bei, und verliert es nur langsam durch die unvollkommene Leitung der umgebenden Luft; daher ist der Elektrophor ein sehr bequemes Mittel, um nach Belieben elektrische Funken zu erzeugen.

§. 159.

Condensator. Da die Elektricität von leitenden Körpern gebunden wird, wenn diese durch eine dünne Schicht eines Nichtleiters getrennt im elektrischen Wirkungskreise sich befinden, so haben wir daran ein sehr bequemes Mittel, sehr kleine unmerkliche Quantitäten freier Elektricität zu sammeln und wahrnehmbar zu machen. Ein für diesen Zweck von Volta erfundenes Instrument wird Condensator, oder Elektricitäts-Sammler, oder Multiplicator ge-

nannt. Es besteht aus zwei Metallscheiben, welche zur Verhütung aller Ableitung rund und gut polirt seyn müßen. Auf die untere Scheibe a (Fig. 114.), welche wir Basis nennen wollen, tröpfelt man am Rande in gleichweiten Entfernungen drei Tropfen Siegellack, so, daß wenn die obere Scheibe b, welche wir Collector nennen, darauf gelegt wird, eine dünne Luftschicht zwischen beiden Scheiben bleibt. Noch besser ist es, wenn man die Flächen der beiden Scheiben, welche auf einander zu liegen kommen, dünn und gleichmäßig mit Copal oder Bernsteinfirniß überzieht, und nach dem Trocknen vollkommen eben abreibt, weil dadurch die Vertheilung der E E noch besser geschieht als durch die Luftschicht, welche nicht immer gleich trocken ist. Um den Collector isolirt aufsetzen und abnehmen zu können, wird auf seine obere Fläche ein Glasstab oder eine Siegellackstange gekittet, die als Handhabe dient. Will man nun prüfen, ob ein Körper eine geringe Menge freier Elektricität habe, so berührt man damit den Collector b, während die Basis a mit dem Finger berührt, oder sonst mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt wird. Dadurch wird dem Körper die freie Elektricität entzogen, und an die dem Collector b zugekehrte Seite der zwischen beiden Platten befindlichen Luft- oder Harzschichte gebunden, während eine gleiche Quantität entgegengesetzter Elektricität von der untern Platte a zugeleitet und an die untere Luft- oder Harzschichte gebunden wird. Hebt man nun den Collector b ab, so wird die Ladung zerstört, und alle Elektricität, welche dem untersuchten Körper entzogen worden war, ist nun am Collector frei vorhanden, und kann mit dem Elektrometer entdeckt werden.

Bennet's Duplicator, Cavallos Collec-

tor ꝛc. sind von Voltas Condensator nicht wesentlich verschieden, daher leicht entbehrlich.

§. 160.

Elektrometer. Um zu bestimmen, ob freie Elektricität vorhanden sey, ob + E oder — E, und in welchem Grade, für diese Zwecke wurden verschiedenene Instrumente erfunden, welche man Elektrometer oder Elektroskope nennt. Sie beruhen alle auf dem Grundsatze, daß gleichnamige Elektricitäten einander abstoßen, und zwar um so mehr, je größer die Quantität der freien Elektricität ist; und daß leicht bewegliche Körper dieser Abstoßung folgen. Kantons Elektroscop ist am bekanntesten; es besteht aus zwei Kork- oder Hollundermark-Kügelchen, welche an Fäden neben einander aufgehängt werden, so daß sie sich berühren. Nähert man diesen Kügelchen einen elektrischen Körper, so weichen sie aus einander, und zwar um so weiter, je stärker die elektrische Ladung oder Spannung ist.

Henly's Quadranten-Elektrometer dient dazu, um die Entfernung des abgestoßenen Kügelchens, also auch die Stärke der elektrischen Ladung, nach Graden zu messen. Es besteht aus einer kleinen senkrechtstehenden Säule a (Fig. 115.), die oben kugelförmig abgerundet ist, und nnten ein Messingblech hat, oder auf den Conductor geschraubt werden kann. An der Seite des Stieles ist ein elfenbeinerner Halbzirkel b mit seinen 180 Graden befestigt. In der Mitte des Halbzirkels steckt ein leicht beweglicher feiner messingener Zeiger c, welcher an seinem äußern Ende ein abgedrehtes Korkkügelchen trägt. Das Uebrige ergiebt sich von selbst.

Weit empfindlicher ist das Bennet'sche Elektroscop; es besteht aus zwei Streifen Blattgold, die neben

einander vom Mittelpunkte einer messingenen Scheibe herab in einem gläsernen Cylinder hängen. Die geringste Menge Elektricität, welche der messingenen Scheibe mitgetheilt wird, bringt die Goldblättchen zum Auseinanderweichen. Wegen dieser außerordentlichen Empfindlichkeit ist es daher nur dazu brauchbar, um sehr kleine Quantitäten freier Elektricität wahrnehmbar zu machen.

Volta bedient sich statt der Korkkügelchen oder Goldplättchen zweier cylindrischer Strohhälmchen, die an feinem Drahte im Glase herabhängen.

Hauy's Elektrometer ist eine Messingnadel, welche auf jeder Seite in ein Knöpfchen endigt, und auf einer senkrecht stehenden messingenen Spitze horizontal frei beweglich ist (Fig. 116.); es stellt also eine Drehwage dar, welche, auf eine isolirende Fläche gestellt, auf folgende Weise gebraucht wird: zuerst nähert man dem einen Knöpfchen der Nadel eine geriebene Siegellackstange, während man das andere Knöpfchen, oder das metallne Postament der Spitze mit den Fingern berührt; dann entfernt man erst die Hand, und hierauf die Siegellackstange, wodurch die Nadel + E behält. Nähert man nun einen Körper, dessen Elektricität man prüfen will, der Nadel, so wird diese abgestoßen, wenn der Körper positiv, oder angezogen, wenn derselbe negativ elektrisch ist. So wurden von verschiedenen Physikern noch mehrere andere Elektroscope erfunden, welche alle auf den angegebenen Grundsätzen beruhen.

Um nun zu bestimmen, ob ein Körper + E oder — E habe, muß man dem Elektrometer eine bestimmte Elektricität ertheilen, und hierauf den zu prüfenden Körper nähern. Wird z. B. eine Siegellackstange auf Tuch gerieben und mit der Scheibe des Bennet'schen Goldblatt-Elektroscops in Berührung gebracht, so werden die Goldblättchen aus einander

weichen, und somit — E (oder Harzelektricität) anzeigen. Hat nun der nachher zu prüfende Körper gleichfalls — E, so werden die Goldblättchen noch mehr aus einander weichen; besitzt er hingegen + E, so fallen sie wieder zusammen. Man kann auch umgekehrt zuerst dem Elektrometer die unbekannte Elektricität mittheilen, und nachher die geriebene Siegellackstange nähern. Hauy klebt mittelst Wachs an das eine Knöpfchen seines Elektrometers (Fig. 116.) ein Stückchen Doppelspath, und an das andere Knöpfchen so viel Wachs, daß die Nadel wieder genau horizontal schwebt. Wird nun der Doppelspath mit den Fingern etwas gedrückt, so erhält er dadurch auf lange Zeit + E; nähert man nun den zu prüfenden Körper von der Seite dem Doppelspathe, so wird dieser zurückgestoßen, wenn der Körper + E, oder angezogen, wenn derselbe — E hat.

Das sinnreichste und zugleich das empfindlichste unter allen Elektrometern, welches zugleich die Art der Elektricität anzeigt, ist unstreitig das Berens-Bohnenberger'sche Elektrometer (§. 163. Fig. 119.)

§. 161.

Galvanische Elektricität. Galvani entdeckte i. J. 1791. zufällig, daß zwei verschiedene Metalle, z. B. Zink und Silber, wenn sie mit einander in Berührung kommen, Elektricität erregen, daß aber die durch Berührung erregte Elektricität von der durch Reibung erregten darin bedeutend abweiche, daß sie bei einer schwachen Wirkung auf das Elektrometer doch auf die Nerven lebender oder frisch getödteter Menschen und Thiere einen auffallend starken Reitz ausübe, während dagegen die Reibungs-Elektricität von gleicher und selbst bedeutend größerer elektrometrischer Kraft, die organische Erregbarkeit wenig oder gar nicht afficirt.

Dem Entdecker zu Ehren nannte man erstere Galvanismus oder galvanische Elektricität.

Wenn man eine Zinkplatte und eine Silber- oder Kupferplatte, jede mit einem isolirenden Griff, etwa mit einer angeklebten Siegellackstange, versieht, und, nachdem man sich überzeugt hat, daß sie nicht auf das Elektrometer wirken, beide mit einander in Berührung bringt, und dann wieder trennt, so wird man mit Hülfe eines sehr empfindlichen Elektrometers finden, daß das Zink + E und das Silber oder Kupfer — E angenommen hat. Dasselbe erfolgt noch sicherer, wenn man an das Ende eines Zinkstreifens einen Kupferstreifen löthet, und mit dem Kupferende eine kupferne Scheibe (den Collector) des Condensators berührt, während das Zinkende in der Hand gehalten wird, in diesem Falle zeigt der Condensator am Elektrometer — E; hält man hingegen das Kupferende in der Hand und berührt mit dem Zinkende einen zinkenen Collektor, so wird dieser am Elektrometer + E zeigen. Hier bewirken also zwei ungleiche Leiter durch bloße Berührung dieselbe Vertheilung der Elektricität, welche man früher nur durch Reibung zweier Nichtleiter zu erregen gewußt hatte. Wie die Berührungselektricität erregt werde? Darüber können wir nur Vermuthungen aufstellen.

Volta nahm im Sinne der Franklinischen Theorie an, daß bei der Berührung von Zink und Silber die elektrische Materie aus dem letztern zum Theil auf das erstere Metall übergehe, und sich dort anhäufe, weßhalb das Zink + E und das Silber — E zeige. Nach der dualistischen Theorie hingegen läßt sich annehmen, daß beide Metalle + E und — E im neutralen Zustande enthalten, daß aber bei der Berührung derselben + E aus dem Silber auf das Zink und aus diesem — E auf das Silber übergehe. Oder es

läßt sich auch denken, daß die Erregung der Berührungs-Elektricität auf Wärmeerzeugung sich gründe, daß, wenn Zink und Silber mit einander in Berührung kommen, —E vom Zinke mit + E vom Silber sich vereinigen und Wärme erzeugen, wodurch + E auf dem Zinke und —E auf dem Silber in halbe Freiheit gesetzt werden, d. h. daß die beiden Elektricitäten durch den Verlust eines Theils ihrer neutralisirenden Bestandtheile auf die Oberfläche der Körper getrieben werden und dort ihr Bestreben nach neuer Neutralisation mit dem heterogenen E äußern, dessen ungeachtet aber noch immer von dem Metalle festgehalten und fortgeleitet werden, auf die Weise etwa, wie in sauren Salzen z. B. im Weinsteine die Säure zum Theil frei ist, und sich mit Basen zu neutralisiren strebt, und doch fest gehalten wird von der Basis, womit sie ein saures Salz ausmacht. Doch wir überlassen die weitere Erklärung und Erläuterung des Gegenstandes der Chemie. Nur so viel muß hier bemerkt werden, daß zur Erregung der Elektricität durch Berührung ein chemischer Gegensatz nothwendig ist, und daß, je größer dieser, desto ausgezeichneter auch die elektrischen Erscheinungen sind, daß zwischen zweien sich berührenden Metallen immer das brennbarere + E und das weniger brennbare —E annimmt, und daß die verbrannten oder oxydirten Metalle und Metalloide in ihrem elektrischen Verhalten gegen einander einen ähnlichen Gegensatz zeigen, indem die Oxyde der brennbareren Radikale, welche die stärkern Basen sind, gleichfalls positiv elektrisch sich verhalten gegen die Oxyde der weniger brennbaren Elemente, welche schwächere Basen oder selbst Säuren und negativ elektrisch sind; daß also auch hier ein Körper B durch Berührung mit einem andern A negativ und gegen einen dritten C positiv elektrisch werden kann, Zinn ist z. B. gegen Zink negativ, ge-

gen Silber, aber positiv elektrisch; Schwefel ist gegen Sauerstoff + elektrisch; in Berührung mit Metallen aber erhält er — E, während die Metalle + E annehmen u. s. w.

Unter den Metallen zeigen sich Zink und Silber am meisten gegen einander elektrisch wirksam, indem das Zink durch Berührung mit allen übrigen Metallen immer + E annimmt; Silber hingegen, wo nicht mit allen, doch wenigstens mit allen unedlen Metallen negativ elektrisch wird, während die übrigen unedlen Metalle, je nachdem sie mit dem einen oder andern in Berührung kommen, bald + E bald — E annehmen. Das Leitungsvermögen für Wärme und Elektricität ist bei der Erregung der galvanischen Elektricität ebenfalls von großem Einfluße; wenigstens wissen wir, daß Silber unter allen Metallen das größte Leitungsvermögen besitzt, und daß das Kupfer demselben in dieser Hinsicht am nächsten steht. Das Kupfer kann in der That auch bei der Berührungs-Elektricität die Stelle des Silbers vertreten, indem es gleichfalls negativ elektrisch wird, und demselben an Erregungsfähigkeit wenig nachsteht. Wegen der größern Wohlfeilheit wird es daher zum Zwecke galvanischer Versuche meistens dem Silber vorgezogen. Zinkelektricität oder Zinkpol ist also so viel wie + E, oder positiv-elektrischer Pol, eben so Kupferelektricität oder Kupferpol, so viel wie — E, oder negativ-elektrischer Pol. Die elektrische Polarität zwischen verschiedenen Leitern scheint übrigens nach den bisherigen Erfahrungen in folgender Ordnung zu stehen: Zink, Eisen, Zinn, Blei, Spießglanz, Arsenik, Wismuth, Kupfer, Queckfilber, Silber, Gold, Platin, Holzkohle, Braunstein; und zwar so, daß der vordere Leiter in Berührung mit einem nachstehenden immer + elektrisch wird.

Besonders merkwürdig ist bei der galvanischen Elektricität die Wirkung auf das Nervensystem lebender oder frischgetödteter Menschen und Thiere, daher nannte Galvani das Agens, welches Muskelzuckungen bewirkt, wenn Zink und Silber, oder sonst zwei ungleichartige Metalle, auf einer Seite in Berührung kommen, und auf der andern mit einem Nerven und einem Muskel in leitender Verbindung stehen, animalische Elektricität.

Wenn man z. B. einen silbernen Löffel und einen Zinkstab nimmt, das eine Metall auf, und das andere unter die Zunge legt, und hierauf die äußern Enden der beiden Metalle mit einander in Berührung bringt, so empfindet man im Augenblicke der Berührung einen eigenen stechenden Geschmack auf der Zunge; und legt man das eine Metall an das obere Zahnfleisch oder an die innere Seite des Backens auf der einen, und das andere auf der andern Seite, so sieht man im Augenblicke der Berührung der beiden Metalle einen Lichtfunken in den Augen u. s. w. Eben so wirken Zink und Kupfer, Blei und Silber u. s. w.

Wenn man einen frisch getödteten Frosch so präparirt, daß an den beiden abgezogenen Schenkeln noch ein Stück des Rückenmarks hängen bleibt, und bloß liegt, und wenn man hierauf das Rückenmark oder den davon ausgehenden Crural-Nerven mit Zink, einen Schenkelmuskel aber mit Silber oder Kupfer in Berührung bringt, so bemerkt man gewöhnlich keine Bewegung; sobald man aber zugleich die beiden Metalle selbst in Berührung oder leitende Verbindung setzt, so erfolgen so heftige Muskelzuckungen, daß das Präparat oft in die Höhe springt. Das Nämliche erfolgt, wenn man umgekehrt das Silber mit dem Nerven, und das Zink mit dem Muskel in leitende Verbindung setzt. Damit diese und ähnliche Versuche gelingen, ist es nothwen-

dig, daß der Frosch erst vor wenigen Stunden getödtet sey, und zwar so, daß noch Spuren von Nervenkraft darin vorhanden sind; auch ist es bequem, wenn man das Rückenmark zuvor mit einem Metall armirt, d. h. in leitende Verbindung setzt, etwa mit einem Streifen Staniol umwickelt, um die leitende Berührung mit Zink oder Silber ꝛc. um so sicherer bewerkstelligen zu können. Man kann auch den präparirten Frosch über die Ränder zweier nahe stehender mit Wasser gefüllter Gläser legen, daß die Nerven-Armatur in das Wasser des einen Glases, die Füsse und Schenkel in das Wasser des andern Glases eintauchen. Berührt man hierauf mittelst eines gebogenen Silberdrahtes die Armatur des Nerven, und steckt das andere Ende des Drahtes in das Wasser, worin sich die Schenkel befinden, so erfolgt gleichfalls eine so heftige Zuckung in den Muskeln, daß das Präparat meistens vom Glase wegspringt.

Diese Versuche lassen sich auf verschiedene Weise abändern, und zwar nicht nur an Fröschen, sondern auch an andern, sowohl lebenden als frischgetödteten Thieren. Auch an menschlichen Leichnamen von Erhängten, am Rumpfe und Kopfe von Enthaupteten, an frisch amputirten Gliedmassen u. s. w. wurden schon öfters galvanische Versuche mit dem auffallendsten Erfolge angestellt, indem jederzeit, so lange noch Spuren von Erregbarkeit vorhanden sind, Muskelzuckungen erfolgen, sobald ein bloßgelegter Nerve und ein Muskel mit zwei ungleichartigen Leitern, vorzüglich Zink und Silber oder Zink und Kupfer, in leitende Verbindung kommen. Frösche sind aber für diese Versuche am besten, weil sie die Erregbarkeit am längsten nach dem Tode beibehalten, und fast überall leicht zu haben sind.

Es ist durch viele Versuche außer allen Zweifel gesetzt, daß die incitirende Ursache von den beiden sich berührenden

Metallen ausgeht, und dem Wesen nach, von der Elektricität nicht verschieden ist; daß also hier das Froschpräparat und überhaupt der thierische Organismus für nichts anderes, als für ein sehr feines Elektrometer anzusehen ist, so wie umgekehrt die beiden Metalle als Elektricitäts-Erreger, oder Elektromotoren zugleich Erregungsmittel für die Nervenreitzbarkeit sind. Sobald diese erloschen ist, hört auch alle bewegende Einwirkung der Elektromotoren bei Menschen und Thieren auf.

Der merkwürdige Unterschied zwischen Reibungs-Elektricität und Galvanismus, daß nämlich erstere weit stärker auf das Elektrometer und schwächer auf das Nervensystem wirkt, als die Berührungs-Elektricität, welche ohne Beihülfe eines Condensators oft gar nicht, und gewöhnlich nur äußerst schwach auf das Elektrometer wirkt, dagegen aber das Nervensystem heftig erschüttert, auch in chemischer Hinsicht das kräftigste Agens ist, dieser Unterschied wird verschieden erklärt. Die meisten Physiker sind der Ansicht, daß es durchaus dieselben + E und — E sind, welche sowohl durch Reibung als auch durch Berührung frei werden, daß aber diese + E und — E durch Reibung erregt, wenn auch in sehr geringer Menge vorhanden, eine bedeutende Spannung oder Intensität besitzen und mit großer Kraft nach gegenseitiger Ausgleichung streben; während dagegen durch Berührung fortwährend eine verhältnißmäßig weit größere Menge + E und — E frei werden, aber in einer weit geringern Spannung und Intensität sich befinden.

Es frägt sich aber wieder, warum dort bei geringer Menge die starke Intensität, und da bei größerer Quantität die geringere Intensität? Ich glaube, daß sich dieser Unterschied dadurch am befriedigendsten erklären läßt, wenn wir annehmen, daß durch mechanischen Reitz, nämlich durch

Reibung ꝛc. die beiden elektrischen Potenzen, gleichviel in welcher Quantität, sehr rein und frei auf die Oberflächen der Körper gelangen, und mit großer Intensität vorzugsweise sich selbst suchen und nach Vereinigung streben; und daß das Produkt derselben Licht ist; daß aber durch chemischen Reitz, nämlich durch Berührung heterogener Leiter, durch Erwärmung, durch Auflösung u. s. w. die beiden elektrischen Potenzen weniger rein und frei hervortreten, und durch theilweises Gebundenseyn an irgend einen andern Stoff an wechselseitiger Anziehungskraft verloren haben, dagegen aber nunmehr eine eigene Disposition besitzen, sich mit andern Stoffen chemisch zu vereinigen; weßhalb es keineswegs gleichgültig seyn kann, ob Reibungs-Elektricität oder Galvanismus auf organische Körper oder auf chemische Verbindungen einwirkt.

§. 162.

Voltaische Säule. Wenn zwei ungleichartige Körper durch wechselseitige Berührung auf einen dritten Körper elektrisch wirken, so nennt man dieß eine einfache galvanische Kette. Nehmen wir hier zum Elektromotor eine Zink- und eine Kupferplatte, und als dritten Körper, womit die Kette geschlossen werden soll, das Froschpräparat, so zeigt sich, daß, wenn man auf die Zink-Kupferplatte noch eine Zinkplatte, oder noch ein Plattenpaar aus Zink-Kupfer legt, die elektrische Wirkung dadurch nicht vermehrt werden kann. Legen wir aber zwischen die beiden Plattenpaare eine dünne Schicht von irgend einem Halbleiter, z. B. eine mit Wasser angefeuchtete Pappscheibe, so erfolgt hier eine neue Vertheilung von + E und — E und sämmtlich freigewordenes + E, strömt nach der äußern Zinkscheibe, so wie sämmtliches — E nach der andern Seite gegen die äußere

Kupferscheibe geleitet wird, und zwar so, daß dadurch eine doppelte galvanische Kette gebildet ist, welche, wenn man die äußern Platten mittelst Metalldrähten mit einem Froschpräparate oder einem andern Elektroscop in leitende Verbindung bringt, eine noch einmal so starke Wirkung ausübt als die einfache Kette. Volta schichtete mehrere solche Plattenpaare oder einfache Ketten mit feuchten Zwischenleitern säulenförmig auf einander, und erfand so die Voltaische Säule, welche also nichts anders, als eine Batterie von mehrern einfachen galvanischen Ketten ist. Die festen Leiter, nämlich die Metalle, Kohle, den Graphit, das krystallisirte Graubraunsteinerz, nennt Volta Leiter erster Klasse; die Halbleiter aber, z. B. Wasser, Salzlaugen, verdünnte Säuren, alkalische Flüssigkeiten u. s. w. heißen Leiter zweiter Klasse. Zu einer Voltaischen Säule nimmt man gewöhnlich zwei Leiter erster Klasse und einen Leiter zweiter Klasse; es lassen sich aber auch wirksame Säulen aus zwei Leitern zweiter Klasse und einem Leiter erster Klasse errichten.

Ueberhaupt giebt es hier eine so große Menge von galvanischen Combinationen, theils nach der Natur der Elemente, theils nach ihrer Zahl, theils nach der Größe ihrer Oberflächen, theils nach der Ordnung und Methode der Aufeinander- und Nebeneinanderschichtung u. s. w., daß das detaillirte Studium dieses Gegenstandes sehr weitläuftig ist.

Besteht die Säule aus Zink (Zi), Kupfer (Cu) und Wasser (Aq), so müßen diese Elemente in der angegebenen Ordnung (Fig. 120.) auf einander geschichtet werden, gleichviel, welches von beiden Metallen das unterste ist, wenn nur alle Plattenpaare in derselben Ordnung auf einander folgen, und zwar so, daß die Säule immer auf einer Seite

mit Zink und auf der andern mit Kupfer endigt. Die beiden Endplatten heißen die Pole der Voltaischen Säule.

Die Größe des elektrischen Gegensatzes zwischen den Elementen einer galvanischen Kette heißt die elektrische Spannung. Wenn nun in einer Combination von zwei einfachen Ketten die elektrische Spannung noch einmal so groß ist als in der einfachen Kette, so folgt daraus, daß in der Voltaischen Säule die elektrische Spannung im geraden Verhältniße mit der Zahl der Plattenpaare verstärkt werden muß, d. h. daß eine Säule von 50 Plattenpaaren eine funfzigmal und eine Säule von 100 Paaren eine hundertmal stärkere Spannung haben muß als ein einzelnes Plattenpaar von derselben Größe.

Legt man auf eine Voltaische Säule von Zn, Cu, Aq, Zn, Cu, noch eine oder mehrere Platten von Zink oder Kupfer oder sonst einem Metalle ohne Zwischenleiter, so wirken sie nur als Leiter und tragen nichts zur Verstärkung der elektrischen Spannung bei. Daher kann man zwei oder mehrere Säulen neben einander aufbauen und in eine einzige verwandeln, wenn die untern oder obern Platten durch Metallstreifen oder Drähte miteinander in leitende Verbindung gesetzt werden, doch so, daß in der einen Säule die Ordnung von Cu Zn Aq, Cu Zn abwärts, in der andern aufwärts geht, damit die Endplatte auf der einen Seite Cu und auf der andern Zn ist.

Bei jeder Voltaischen Säule aus zwei Metallen und einem feuchten Zwischenleiter ist es von besonderer Wichtigkeit, daß sich die Leiter metallisch berühren, und daß die Feuchtigkeit nicht zwischen die Metallplatten dringe, daher ist es vortheilhaft, wenn die einzelnen Plattenpaare aufeinander gelöthet sind, wodurch auch das Reinigen der Platten erleichtert wird.

Wenn man die Voltaische Säule aus Zink, Kupfer oder Silber und einem feuchten Zwischenleiter construirt, so ist die elektrische Erscheinung immer zugleich mit einer chemischen verbunden, weil die elektrischen Kräfte zersetzend auf das Wasser und jeden andern flüßigen Leiter zweiter Klasse einwirken und dadurch auf den Metallflächen, welche der Flüßigkeit zugekehrt sind, Oxydation des Zinkes und Entwicklung des Wasserstoffes auf der Kupferseite u. s. w. veranlassen. Der chemische Prozeß wirkt hier zugleich als ein neuer Elektromotor, und trägt sehr viel zur Verstärkung der Voltaischen Säule bei. Will man daher kräftige, vorzüglich chemische und magnetische Wirkung der galvanischen Kette haben, so ist es nothwendig, solche Flüßigkeiten als Zwischenleiter anzuwenden, welche selbst leicht zersetzbar sind und die Oxydation des Zinkes oder überhaupt einen chemischen Prozeß zwischen den Gliedern der galvanischen Kette befördern. Nimmt man also, statt Wasser, Kochsalzauflösung, um damit die Papp- oder Filzscheiben zu tränken, so wirkt die Voltaische Säule weit kräftiger; noch mehr, wenn man Salmiakauflösung, noch mehr, wenn man verdünnte Schwefelsäure und noch mehr, wenn man Salpetersäure nimmt, weil diese letztern Flüßigkeiten eine sehr rasche Oxydation und Auflösung des Zinkes, mithin eine vermehrte Elektricitäts-Entwicklung bewirken. Je rascher aber der chemische Prozeß vorgeht, desto schneller ist auch die Kraft der Säule erschöpft. Eine wässerige Salmiak-Auflösung als Zwischenleiter angewendet, hält ein gutes Mittel, indem sie eine sehr kräftige Säule giebt, welche mehrere Stunden lang in Wirksamkeit bleibt.

§. 163.

Trockne Säulen. Mehrere Physiker waren der Meinung,

daß die galvanische Elektricität durchaus von einem chemischen Prozeße bedingt werde, und daß die Wirksamkeit der Voltaischen Säule von dem feuchten Zwischenleiter ausgehe. Um diese wichtige Frage zu entscheiden, haben De Luc, Marechaux, Zamboni u. A. sich bemüht, solche Säulen zu construiren, welche statt eines feuchten, einen trocknen Zwischenleiter haben, und frei von jeder chemischen Zersetzung sind, ohne aufzuhören Elektromotoren zu seyn; dadurch entstanden die sogenannten trocknen Säulen. De Luc construirte seine Säule aus verzinntem Eisenblech, Kupfer und unächtem Goldpapier, also aus Zinn, Kupfer und Papier. Marechaux nahm Zink, Kupfer und Scheiben von Löschpapier. Zamboni bestrich unächtes Silberpapier auf der unbelegten Seite mit etwas Honig oder Auflösung von Zinkvitriol, und bestreute sie dann mit fein gepulvertem Braunstein, welcher hier als Leiter erster Klasse wirkt und elektronegativ gegen das elektropositive Zinn des sogenannten Silberpapiers ist. Dr. Jäger nahm zusammengeleimte Scheiben von unächtem Gold- und Silberpapier, wo also die beiden Metalle (Kupfer und Zinn) geleimtes Papier zum Zwischenleiter haben; oder Zink-Kupferplatten mit dünnen Glasscheiben oder Schichten von Harz oder Firniß oder Seidenzeug als Zwischenleiter. Biot gebrauchte als Zwischenleiter Scheiben aus geschmolzenem Salpeter. Alle diese Säulen gleichen also Batterien von Elektrophoren oder Condensatoren, und wirken elektrisch, sowohl wenn der eine Pol mit der Erde und der andere mit dem Elektrometer in leitender Verbindung steht, als auch, wenn bei hinreichender Plattenzahl die Säule isolirt und an ihren Polen zweckmäßig armirt wird. Sie leiten aber den elektrischen Strom weit langsamer als die Säulen mit feuchten Zwischenleitern und fordern nach jeder Entladung einige Zeit um sich wie-

der zu laden. Zamboni zeigte durch eine eben so sinnreiche als einfache Vorrichtung, daß die galvanische Säule, wenn sie von allen chemischen Zersetzungen und äußern Einflüßen gehörig geschützt wird, durch das wechselseitige Anziehen von + E und — E und Abstoßen von + + E und — — E auf einen leichtbeweglichen und isolirten Leiter zwischen den beiden Polen, wie ein Perpetuum mobile wirkt. Zu diesem Zwecke werden ein paar tausend Scheiben von Silberpapier, welche auf der Kehrseite auf die angegebene Weise mit Braunsteinpulver belegt sind, oder nach Jäger Doppelscheiben von Silber- und Kupferpapier säulenförmig auf einander geschichtet, fest zusammen gebunden, zur Abhaltung der Luft von Außen bis auf die Endplatten mit Lakfirnis überzogen, und, um dem Apparate mehr Dauerhaftigkeit und Zierlichkeit zu geben, in Glasröhren gesteckt, deren innere Fläche mit Harzfirniß überzogen ist. Zwei solche 1 bis 2 Fuß hohe Säulen werden auf einem Postamente in einer Entfernung von 3 bis 5 Zoll so neben einander gestellt, daß der + Pol bei der einen Säule unten und bei der andern oben ist. Unten am Postamente werden die Endplatten der beiden Säulen mittelst Messingdraht oder Kupferstreifen in leitende Verbindung gesetzt, so daß sie dadurch eigentlich nur eine Voltaische Säule bilden, und oben wird die Endplatte einer jeden Säule mit einer messingenen Kugel armirt, wovon also die eine den positiven, und die andere den negativen Pol bildet. Stellt man nun zwischen die beiden Säulen auf einen eigenen Fuß eine senkrecht stehende, äußerst leicht bewegliche Nadel, welche auf einem gläsernen Stiele oben einen messingenen Ring trägt, so wird sie, sobald der isolirte Ring mit dem Knopfe der einen Säule einmal in Berührung kömmt, von selbst und so ferne die äußern schädlichen Einflüsse der Atmosphäre kei-

ne Störung verursachen, ununterbrochen zwischen den beiden Polen hin und her schwingen, weil der isolirte Ring an dem + Pole positiv elektrisch abgestoßen, und vom — Pole angezogen wird, hier sein + E abgiebt — E annimmt, und so wieder abgestoßen und neuerdings vom + Pole angezogen wird, an diesem gleichfalls sein — E verliert und wieder abgestoßen wird u. s. f. Soferne die äußern Einflüße, nämlich Feuchtigkeit der Luft, Temperaturwechsel und Luftelektricität nicht immer gleichgut abgehalten werden können, sind auch die Pendelschwingungen nicht immer gleich, ja sie können bisweilen gänzlich aufhören, nach einiger Zeit aber wieder von selbst in Gang kommen.

Eine andere gleichfalls sehr interessante Anwendung der sogenannten trocknen Säule, d. h. derjenigen Abänderung der Voltaischen Säule, in welcher kein chemischer Prozeß statt findet, ist das Elektrometer des Herrn Behrens, verbessert vom Hrn. Prof. Bohnenberger. Dieses Elektrometer (Fig. 119.) ist in einem $3\frac{1}{2}$ Zoll hohen und $2\frac{1}{2}$ Zoll weitem cylindrischen Glase enthalten, welches mit einem messingenen Deckel versehen ist. Es besteht aus zwei kleinen Zambonischen Säulen, jede aus 400 Scheibchen zusammengeleimten Gold- und Silberpapiers von 3 Linien Durchmesser und in einer gefirnißten Glasröhre a und b eingeschlossen, die eine mit ihrem positiven und die andere mit ihrem negativen Pole an den messingenen Deckel c c angeschraubt, so daß die Säulchen, wenn der Deckel auf das Glas gesetzt ist, vertikal herunterhängen. Oben auf dem Deckel ist die Verschiedenheit der beiden anliegenden Pole durch + und — angezeigt. Unter jeder Säule befindet sich eine etwas vorstehend abgerundete messingene Fassung g h, die noch $\frac{1}{2}$ Zoll von dem Boden und einige Linien von dem Rande des Glases absteht, und mit welcher das untere Ende der

Säule in leitender Gemeinschaft steht. Die Axen der beiden Säulen a b sind 1″ 7‴ von einander entfernt, und können einander noch näher gebracht werden. Der elektrometrische Körper ist ein $2\frac{1}{2}$ Zoll langes 3 Linien breites Goldblättchen e, welches genau in der Mitte zwischen beiden Säulen und mit ihren Axen parallel, an dem untern Ende eines Drahtes hängt, der sich in einer innen und außen gefirnißten Glasröhre d befindet, welche durch den Mittelpunkt des Deckels c c geht. Der Draht geht durch einen Korkstöpsel, der die Röhre oben verschließt, und berührt sie, der bessern Isolirung wegen, nirgends. Er endigt sich oben in eine Kugel, auf welche sich die untere Platte des Condensators f aufschrauben läßt. Will man dieses Elektrometer brauchen, so verbindet man den metallnen Deckel c c durch einen Draht mit der Erde, und berührt den Knopf des Drahtes mit einem guten Leiter (welches die trockne Hand nicht ist), um sicher zu seyn, daß er keine freie Elektricität behalte. Da die metallnen Fassungen g h in gleichem Grade, die eine + die andere — elektrisch sind, so ziehen sie das dazwischen hängende Goldblättchen e mit gleicher Kraft an, und zwar so, daß es ruhig hängen bleibt. Sobald aber dem Goldblättchen durch den Draht, womit es in Verbindung ist, die geringste Menge freier Elektricität mitgetheilt wird, nähert es sich sogleich der Fassung, welche in dem entgegengesetzt elektrischen Zustande ist, indem es von ihr angezogen, und von der andern abgestoßen wird; erhält also das Goldblättchen durch den Condensator f + E, so nähert es sich der — elektrischen Fassung, kömmt damit in Berührung, wird dann von ihr abgestoßen, schlägt an die andere + elektrische Fassung an, und geht wie beim Zambonischen Perpetuum mobile der Pendel, solange zwischen beiden Fassungen hin und her,

bis es sich an einer der beiden Säulen anhängt, von der es durch ableitende Berührung des Drahtes und eine kleine Erschütterung leicht wieder los zu machen ist. Die Art der zu untersuchenden Elektricität zeigt das Zeichen derjenigen Säule auf dem Deckel, deren unterem Ende sich das Goldblättchen zuerst nähert, oder deren unteres Ende bei stärkerer Elektricität zuerst berührt wird. Dieses Elektrometer ist unstreitig unter allen übrigen das empfindlichste, zuverläßigste und brauchbarste. Sollen starke Elektricitäten untersucht werden, so läßt man den Condensator f weg, und nähert den elektrischen Körper langsam der Kugel des Drahtes, bis man deutlich bemerkt, daß das Goldblättchen sich einer der beiden Säulen nähert; was z. B. bei einer geriebenen Siegellackstange schon in 3 Fuß Abstand geschieht, und zwar nach der Säule zu, welche oben mit — bezeichnet ist. Um so geringe Mengen freier Elektricität, welche durch das Bennet'sche Elektrometer (§. 160.) gar nicht mehr angezeigt werden, zu erkennen, schraubt man oben auf die Kugel eine Condensatorplatte. Am besten ist es, wenn man hier diese Platte als Collector gebraucht, und die obere mit der gläsernen Handhabe versehene Platte f als Basis betrachtet. Beide Platten sind an den Flächen, mit welchen sie auf einander gelegt werden, mit einer dünnen Schicht Bernsteinfirniß überzogen. Nachdem man die Kugel des Drahtes oder die untere Fläche der aufgeschraubten Platte ableitend berührt hat, setzt man die zweite Platte auf, und bringt, während man sie gleichfalls ableitend berührt, mit der untern oder ihrem Drahtende m den Körper in Berührung, dessen Elektricität man untersuchen will, und nimmt, nachdem man beide Verbindungen wieder aufgehoben hat die obere Platte mittelst ihrer gläsernen Handhabe weg, wobei man genau darauf achten muß, welcher

von beiden Säulen das Goldblättchen sich zuerst nähert.

Die trockenen Säulen unterscheiden sich also von den gewöhnlichen hydro-elektrischen oder Voltaischen Säulen hauptsächlich dadurch, daß sie als reine Elektromotoren durch Berührung und ohne allen chemischen Prozeß im gewöhnlichen Sinne wirken; die Zwischenleiter, sie mögen Papier, Leim, dünne Scheiben von Glas, Harz, Firniß, Seidenzeug u. s. w. seyn, wirken hier nur in soferne sie Halbleiter sind, und Vertheilung und langsame Durchleitung von + E und — E ohne chemische Zersetzung der wägbaren Körper gestatten. Ist dieser Zwischenkörper zu dick oder zu trocken, so daß er einen Nichtleiter darstellt, dann ist er nicht mehr fähig diese elektrische Vertheilung zu bewirken und die Säule bleibt unthätig. Uebrigens lassen sich mit diesem Apparate auch Leydner Flaschen so laden, daß man aus ihnen Funken und starke Schläge ziehen kann; die Flaschen müßen aber bedeutend große Oberflächen haben.

Verbindet man den positiven Pol einer Zamboniſchen Säule mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine, während man den negativen Pol mit der Hand berührt, so wird durch ein paarmaliges Umtreiben der Maschine die Kraft der Säule an beiden Polen sehr verstärkt. Dasselbe ist der Fall, wenn man den negativen Pol der Säule mit dem negativen Conductor verbindet, während der positive Pol mit der Hand berührt wird. Verbindet man aber umgekehrt den negativen Pol der Säule mit dem positiven Conductor der Maschine, während der positive Pol in ableitender Berührung steht, so reichen ein paar Umtriebe der Maschine hin, die Wirksamkeit der Säule auf lange Zeit zu zerstören.

Besteht eine trockne Säule aus 2000 bis 3000 Plattenpaaren, so erfolgt die Entladung derselben auch mit einem

Funken, welcher besonders im Finstern gut wahrzunehmen ist; ja Hr. Leibmedicus Dr. Jäger in Stuttgart hat sogar chemische Wirkungen beobachtet.

§. 164.

Zweigliedrige Elektromotoren. Die Voltaische Säule, sowohl die gewöhnliche feuchte (oder hydro-elektrische) als auch die trockne, kann man mit Recht eine dreigliedrige nennen, weil sie entweder aus zwei Leitern erster, und einem Leiter zweiter Klasse, oder umgekehrt aus einem erster und zwei zweiter Klasse, also auf jeden Fall aus drei Gliedern besteht. Allein Zamboni hat zuerst gezeigt, daß sich auch zweigliedrige Elektromotoren aus einem Metall und einem Leiter zweiter Klasse construiren lassen. Wenn man z. B. eine Säule nur aus Scheiben von Silberpapier aufbauet, und das eine Ende mit dem Fußboden, das andere hingegen mit dem Condensator in leitende Verbindung setzt, so zeigt sich am Elektrometer eine geringe elektrische Spannung; die belegte Seite des Papiers zeigt + E und die unbelegte Seite — E; doch nicht immer, denn die Pole kehren sich bei dieser schwachen Säule leicht um; auch verliehrt sie sehr bald ihre Wirksamkeit, welche sich darauf zu gründen scheint, daß die Belegung des Papiers auf beiden Seiten ungleich, nämlich auf der Kehrseite unvollkommener und lockerer als auf der Metallseite, wo das Zinn aufgeleimt ist, und daß die hydroscopische Feuchtigkeit des Papiers eine elektrische Vertheilung bewirkt. Es lassen sich auch auf andere Weise zweigliedrige Elektromotoren construiren: wenn man z. B. mehrere (etwa 30) Glasbecher oder Uhrgläser auf eine isolirende Unterlage (z. B. auf einen Harzkuchen) stellt, in jedes Glas eine Zinnfolie (Staniol) legt, welche auf einer Seite in einen schmalen Strei-

fen ausgeht, der über den Rand des Glases in das darneben stehende reicht, und wenn man in jedes Glas so viel reines Wasser gießt, daß die Staniolfläche damit ganz bedeckt ist, und der vom andern Glase herüberreichende Staniolstreifen die Oberfläche des Wassers berührt, so zeigt mit Hülfe des Condensators die Staniolfläche positive und das Ende des davon ausgehenden schmalen Streifens negative Elektricität; eben so verhält sich Zinkblech. Nimmt man aber Silber oder Kupfer, so zeigt die Metallfläche — E. während die davon ausgehende Spitze + el. ist. Erman fand bei Untersuchung dieses zweigliedrigen Elektromotors, daß die Wirksamkeit desselben mit der Oberfläche der Metall-Blätter zunimmt, und daß sie, unter übrigens gleichen Umständen, um so größer ist, je größer der Unterschied zwischen den Oberflächen des Wassers ist, welche auf beiden Seiten von Metall berührt werden. Die Wirksamkeit dieser zweigliedrigen Säulen, welche immer nur schwach ist, beruht offenbar darauf, daß die größere Metallfläche eine Vertheilung von + E u. — E im Wasser bewirkt; nimmt man Staniol, so ist die der Metallfläche zugekehrte Wasserschicht — elektrisch, die obere der Metallspitze zugekehrte Schicht hingegen wird + elektrisch.

Uebrigens lassen sich noch verschiedene andere Methoden zur Construirung zweigliedriger Elektromotoren finden; Oersted fand sogar, daß Stücke von einem und demselben Metall durch Berührung mit einander Elektricität entwickeln, wenn sie mechanische Verschiedenheiten zeigen, wobei die entwickelte Elektricität freilich so schwach ist, daß sie sich nur mittelst des Condensators entdecken läßt. Wird ein breites und ein schmales Zinkblech, welche beide mit einem Metalldrahte verbunden sind, in eine schwache Säure getaucht, so verhält sich das breitere zu dem schmälern, wie Kupfer

zu Zink, d. h. + E geht von dem breitern zum schmälern, und — E von diesem zu jenem. Wenn aber die Säure stark, und besonders, wenn sie warm ist, so zeigt sich das schmale Blech negativ elektrisch. Wenn von zweien übrigens gleichen Zinkblechen das eine etwas früher in die Flüssigkeit getaucht wird, als das andere, so verhält sich das zuletzt eingetauchte — elektrisch, während das auf der Oberfläche bereits angefreßene + elektrisch ist. Dieselben Verschiedenheiten zeigen sich, wenn man ein gegoßenes und ein gewalztes Stück von demselben Metalle in die Flüssigkeit taucht, oder auch wenn das eine Ende desselben polirt, und das andere rauh ist.

§. 165.

Thermoelektricität. Es giebt mehrere krystallisirte Mineralien, welche zu den Halbleitern gehören, nämlich: Turmalin, Boracit, Topas, Apatit, Axinit, Mesotyp, Prehnit, Galmey, Titanit ꝛc., welche die merkwürdige Eigenschaft besitzen, durchs Erwärmen elektrische Polarität anzunehmen. Die prismatischen Krystalle haben nur zwei elektrische Pole an den Endflächen, die sphäroedrischen hingegen haben deren mehrere, so z. B. zeigt der Boracit acht elektrische Pole, nämlich vier positive und vier negative. Bei verschiedenen Graden der Erwärmung oder Abkühlung kehren sich bei diesen Krystallen die elektrischen Pole bisweilen um. Bei — 18° und bei + 100° C. Temperatur verschwindet gewöhnlich die elektrische Polarität; auch ist dieß der Fall, wenn der positiv elektrische Pol wärmer ist als der negative. Diese Eigenschaft einiger krystallisirter Körper rührt wahrscheinlich von einer gewißen polaren Anordnung zwischen den kleinsten Theilen, oder von

einer Abänderung in der chemischen Verwandtschaft zwischen den Bestandtheilen der Krystalle her.

Indessen beschränkt sich die thermoelektrische Eigenschaft nicht bloß auf einige krystallisirte Halbleiter; denn vielfältige Versuche und Beobachtungen haben gezeigt, daß jeder Leiter durch ungleiche Erwärmung, oder überhaupt durch Störung des Gleichgewichtes der Wärme, auch sein elektrisches Gleichgewicht bis auf einen gewißen Grad verliert, und wenigstens mittelst des Condensators auf das Elektrometer zu wirken im Stande ist; zwei Metalle von ungleicher Wärmecapacität oder ungleicher Erwärmung bilden also thermoelektrische Ketten, so wie die gewöhnlichen galvanischen Ketten aus zwei Metallen und einer Flüßigkeit hydroelektrische Ketten genannt werden können. Ja es frägt sich noch immer, ob nicht die galvanischen Ketten überhaupt durch Wärmedifferenz, d. h. durch ungleiche Wärmecapacität und Wärmeleitungskraft ihrer Elemente ihre elektrische Wirksamkeit erlangen.

Daß dabei aber auch die Krystall-Polarität eine wichtige Rolle spielt, scheint nach Seebecks sehr wichtigen Versuchen daraus hervorzugehen, daß diejenigen Metalle, welche sich durch ein krystallinisches Gefüge besonders auszeichnen, nämlich Wismuth, Spießglanz und Zink, wenn sie als Stäbe oder Ringe auf einer Seite erwärmt werden, am meisten geeignet sind, thermo-magnetische Erscheinungen zu zeigen (§. 171.). Noch auffallender werden diese Erscheinungen, wenn man nach Oersted und Fourier mehrere Stäbe von Wismuth und Spießglanz, abwechslungsweise an ihren Enden zusammenlöthet, und an verschiedenen Stellen erwärmt. Merkwürdig ist es, daß diese thermoelektrischen Ketten weniger auf das Elektrometer, als

vermittelst des Schweigger'schen Condensators (§. 170.) auf die Magnetnadel wirken.

Wenn Körper ihren Aggregatzustand ändern, nämlich beim Schmelzen, Auflösen, Verdampfen, Sublimiren, beim Uebergange der Dämpfe in tropfbarflüßigen oder festen Zustand, und beim Krystallisiren, wird gleichfalls Elektricität frei; so z. B. zeigt beim Verdampfen des Wassers der Dampf — E und der noch rückständige dampfentwickelnde Antheil + E. Beim Erkalten des Dampfes erhält der noch nicht condensirte Antheil + E, während der zu Nebel gewordene Theil des Dampfes — E behält; so wird auch gewöhnlich beim Uebergang eines tropfbarflüßigen oder weichen Körpers in den festen Zustand, z. B. beim Erstarren des geschmolzenen Wachses, beim Abkühlen der Chokolade u. s. w. + E frei. In soferne nun jede Aenderung des Aggregatzustandes durch Wärmedifferenz bewirkt wird, dürfen wir die damit verbundenen elektrischen Erscheinungen gleichfalls thermoelektrisch nennen.

An die Elektricitätsentwicklung durch Aenderung des Aggregatzustandes reihet sich auch diejenige an, welche, wie Coulomb gezeigt hat, durch kurzdauerndes Zusammendrücken oder Ausdehnen der Körper erregt werden kann. Eine isolirte Metallscheibe mit gefirnißtem Taffet gedrückt, wird negativ; mit demselben Taffet aber gerieben, positiv elektrisch. Dessaignes fand, daß Halbleiter durchs Eintauchen in Queckſilber verschiedene Elektricität annehmen, weil das Metall im Zusammenhange getrennt, und die eingetauchten Körper zusammengedrückt werden. Hauy zeigte auch, daß mehrere Mineralien durchs Zusammendrücken mit dem Finger elektrisch werden; der isländische Kalkspath behält die auf diese Weise ihm ertheilte + Elektricität mehrere Wochen lang, und verliert sie durch

wiederholtes Berühren mit dem Finger oder mit andern Leitern selbst durchs Eintauchen in Wasser nicht leicht wieder. Gyps und Schwerspath werden durchs Drücken nur im geringen Grade elektrisch. Becquerel überzeugte sich, daß sogar dickliche Flüßigkeiten, z. B. durchs Abdampfen dicklich gewordenes Terpentinöl, die Eigenschaft besitzen, durchs Drücken elektrisch zu werden. Hr. von Yelin zeigte, daß das Papier nicht nur durchs Erwärmen, sondern auch, wenn es erwärmt und ausgetrocknet ist, durchs Ueberfahren mit Cautschuck so sehr elektrisch wird, daß es bei Annäherung des Knöchels Funken giebt. Im allgemeinen ergiebt sich aus diesen Versuchen, daß ein Körper um so mehr elektrisch wird, je stärker die Adhäsion zwischen demselben und dem drückenden Körper wirkt.

§. 166.

Elektrochemischer Apparat. Die verschiedenen galvanischen Ketten lassen sich nach der Natur und Wirkung der Zwischenleiter füglich in reine Elektromotoren, und elektrochemische Ketten eintheilen. Die reinen Elektromotoren, z. B. die trocknen Säulen, wirken nur durch Vertheilung der Elektricität ohne merkliche Zersetzung des Zwischenleiters. Die elektrische Spannung zwischen zwei heterogenen Körpern ist bei diesen Apparaten eine constante Größe unabhängig von der absoluten oder relativen Größe der zwei in Conflict kommenden Körper. Zink und Kupfer geben stets dieselbe Spannung, die Scheiben mögen groß oder klein, gleich oder ungleich seyn, an wenigen oder an vielen Punkten sich berühren. Nur durch Vermehrung der Zahl der einfachen Ketten, d. h. der Plattenpaare sammt den Zwischenleitern, welche zusammmen eine Batterie oder Säule ausmachen, läßt sich die elektrische Spannung ver-

mehren, und zwar im geraden und direkten Verhältniße mit der Zahl der Plattenpaare.

Ganz anders verhält es sich mit den elektrochemischen Ketten, wo nämlich die elektrische Vertheilung mit einer chemischen Zersetzung des Zwischenleiters verbunden ist; hier sind zwei Quellen der Elektricität vereinigt, nämlich einmal die elektrische Spannung, welche sich nach der Zahl der einfachen Elektromotoren ohne Rücksicht auf ihre Größe, und dann zweitens die Menge der zu gleicher Zeit durch den chemischen Prozeß frei werdenden Elektricität, welche sich nach der Ausdehnung der chemischen Zersetzung, also nach der Größe der den feuchten Zwischenleiter berührenden Flächen richtet. Bei diesen elektrochemischen Ketten scheint also die Quantität der Elektricität, wenn sich alles übrige gleich verhält, im geraden Verhältniße der Oberfläche der Platten zu stehen. Sind zwei Voltaische Säulen an Zahl und Größe der Plattenpaare gleich, aber ungleich in Hinsicht des feuchten Zwischenleiters, so richten sich ihre Wirksamkeiten nach der Größe des chemischen Prozeßes zwischen den Elektromotoren. Wir haben also bei jeder Voltaischen Säule auf dreierlei zu sehen, nämlich 1) auf die Zahl der Plattenpaare als Berührung ungleichartiger Leiter, 2) auf die Größe ihrer Oberflächen als Berührung mit dem feuchten Zwischenleiter, und 3) auf die Natur des Zwischenleiters als chemisches Verhältniß zu den Leitern.

Da nun jede Voltaische Säule mit feuchtem Zwischenleiter zugleich ein elektrochemischer Apparat ist, dessen Wirksamkeit sich nach dem Verhältniße der genannten Elemente richtet, so gehört die nähere Untersuchung und Anwendung derselben ganz in das Gebiet der Chemie. Nur ihre Construction wollen wir hier vorläufig etwas näher betrachten.

Wir unterscheiden vor allem 1) die einfache elek-

trochemische Kette und 2) die elektrochemische Batterie oder Säule, welche nichts anderes ist, als eine Vereinigung von mehrern einfachen Ketten.

Bei jeder einfachen elektrochemischen Kette kömmt es zunächst darauf an, daß zwei ungleichartige Leiter, z. B. Zink und Silber, oder Zink und Platin, auf einer Seite außer der Flüßigkeit in leitender Verbindung stehen, auf der andern aber ohne sich unmittelbar zu berühren, gemeinschaftlich auf eine leitende zersetzbare Flüßigkeit wirken. Es sey z. B. (Fig. 121.) a ein Silber und b ein Zinkstab, ohne sich unmittelbar zu berühren in Salmiakauflösung getaucht, so wird keine Veränderung erfolgen; setzt man aber die beiden Metalle außerhalb des Wassers durch den Draht c in leitende Verbindung, so entsteht Wasserzersetzung, indem der Wasserstoff am negativen Pol (also am Silber) frei wird, während sich der Sauerstoff am positiven Pol (b) abscheidet, und in diesem Falle sich mit dem Zinke verbindet. Dasselbe ist der Fall, wenn das elektronegative Metall a a (Fig. 122.) die Gestalt eines Bechers hat, in welcher sich die zersetzbare Flüssigkeit befindet, und das elektropositive Zink b in letztere eintaucht, ohne darin a zu berühren; auch hier beginnt der chemische Prozeß, sobald die beiden Metalle a und b außerhalb der Flüßigkeit in leitende Verbindung kommen.

Da feuchte thierische und vegetabilische Körper gleichfalls zu den Halbleitern gehören, so kann man mittelst Kalbsblasen zwei verschiedene Flüßigkeiten von einander absondern und doch die Elektricität durchwirken lassen, was für verschiedene chemische Zwecke nützliche Anwendungen erlaubt.

Wenn man also eine auf beiden Seiten offene Glasröhre, etwa von 4 bis 6 Zoll Länge und 6 bis 9 Linien Durchmesser auf einer Seite mit feuchter Blase zubindet, so daß

diese den Boden bildet, und in diese Röhre eine Flüßigkeit gießt, welche zersetzt werden soll, z. B. eine Metallauflösung so wird, wenn man die Röhre in eine andere leitende Flüßigkeit (am besten in Salmiakauflösung) stellt, und in die Flüßigkeit in der Röhre einen Gold- oder Platindraht, in die Salmiakauflösung aber einen Zinkstab stellt, ein elektrochemischer Prozeß in beiden durch die Blase getrennten Flüßigkeiten erfolgen, sobald man die beiden Metalle außerhalb der Flüßigkeit in leitende Verbindung bringt. Es sey (Fig. 124.) a die Glasröhre unten mit Blase zugebunden und eine zersetzbare Flüßigkeit enthaltend; b b der negative Pol (Gold- oder Platindraht) in die Flüßigkeit getaucht, c der positive Pol (Zinkstab oder Zinkblech), in Salmiakauflösung getaucht, welche sich in dem Zuckerglase d d befindet, e ein durchbohrter Kork, welcher die Röhre a in der Mitte des Zuckerglases fest hält, endlich f eine Gasleitungsröhre, welche mittelst eines doppelt durchbohrten Korkes in die Glasröhre a eingekittet wird, bevor man durch Berührung der beiden Metalle die Kette schließt, um die gasförmigen Produkte der Zersetzung sammeln zu können, so wird sogleich ein chemischer Prozeß sowohl innerhalb als außerhalb der Röhre a erfolgen, sobald der negative Pol b mit dem positiven c in leitende Verbindung kömmt.

Wir sehen also bei diesen elektrochemischen Ketten, daß die Zersetzung der Flüßigkeit, wenn sie nicht schon für sich auf das Zink einzuwirken im Stande ist, immer erst dann beginnt, wenn die beiden Metalle außerhalb der Flüßigkeit in unmittelbare oder leitende Verbindung kommen; daraus folgt, daß der Prozeß mit einer elektrischen Vertheilung zwischen den sich berührenden Metallen beginnt, indem sich am Zink + E und am Silber (oder Gold oder Platin)

— E anhäuft, wodurch neue chemische Verwandtschaften in der Flüßigkeit angeregt werden.

Was von der einfachen elektrochemischen Kette gesagt wurde, gilt im Allgemeinen auch von den zusammengesetzten Ketten oder Batterien. Betrachten wir zunächst die Voltaische Säule (Fig. 120.) aus Zink, Kupfer und feuchten Pappscheiben zusammengesetzt; so sehen wir auch hier die zwei ungleichartigen Metalle (Zi und Cu) außerhalb der Flüßigkeit (Aq) in Berührung, und in der Flüßigkeit, nämlich durch die feuchte Pappe- oder Filzscheibe (Aq) von einander getrennt, oder durch den feuchten Leiter in mittelbarer Verbindung. Auch hier beginnt der elektrische Prozeß zwischen den sich berührenden Metallflächen; + E geht von Cu an Zn und — E von Zn an Cu; das + E des Zn zieht aus dem Wasser — E und das — E des Kupfers + E an; das Wasser zersetzt sich, der Sauerstoff geht an das Zn, womit er sich verbindet, und der Wasserstoff an das Cu. Da nun Cu, solange es mit Zn in Berührung ist, fortwährend — E anzieht und + E abstößt, während Zn + E anzieht und — E abstößt, ohne daß sich $\frac{+ E}{- E}$ mit einander verbinden können, weil die Anziehungskraft der Metalle vorherrscht, so wird nicht nur das aus dem Cu aufgenommene, sondern auch das durch Wasserzersetzung frei gewordene + E beständig vom Cu fortgestoßen, und vom Zn angezogen, also dorthin geleitet, wo weniger Cu und mehr Zn ist, nämlich an den Zinkpol; dasselbe erfolgt mit — E, welches vom Zn fortgestoßen, durch die Zersetzung des Wassers vermehrt, vom Cu angezogen und zum Kupferpol fortgeleitet wird. Werden nun die beiden Pole mit feinen Drähten a und b armirt, und diese einander genähert, so häufen sich die an beiden Polen frei gewordenen Elektricitäten auf den Drähten an, und streben sich wieder

ins Gleichgewicht zu setzen, daher erfolgen die verschiedenen elektrischen und chemischen Erscheinungen, wenn die Leitungsdrähte einander genähert oder mit andern Leitern oder Halbleitern verbunden werden. Sind diese Leitungsdrähte hinreichend fein, so erhitzen sie sich heftig und kommen ins Glühen oder Verbrennen, sobald sie sich berühren oder auch nur hinreichend nahe kommen, weil sie wegen ihrer kleinen Oberfläche eine geringere Capacität für Elektricität haben als die Endplatten, mithin mit freier Elektricität überhäuft werden. Steckt man die beiden Drähte in eine mit Wasser gefüllte Röhre c, so erfolgt hier, sobald sie sich so weit nähern, daß sie in elektrische Atmosphäre kommen, heftige Wasserzersetzung, weil + E der Säule sich entweder mit — E des Wassers oder mit dem Sauerstoffe desselben, so wie — E des andern Pols sich entweder mit + E oder Wasserstoff des Wassers verbindet. So lassen sich durch eine kräftige elektrochemische Batterie alle zusammengesetzten flüßigen Halbleiter in ihre Bestandtheile zerlegen.

Da die Wirksamkeit der Voltaischen Säule nicht nur von einem guten Verhältniße der oben angegebenen Elemente, sondern auch davon abhängt, daß die Plattenpaare auf einer Seite unmittelbar sich berühren, während sie auf der andern durch einen Halbleiter in mittelbarer Verbindung sind, und da bei senkrecht gebauten Säulen aus mehrern Plattenpaaren durch das beträchtliche Gewicht des Metalls die Flüßigkeit aus den Papp- oder Filzscheiben gepreßt wird, an den Platten herunter läuft, und so die Wirksamkeit des Apparats schwächt, da ferner das Aufbauen und Auseinandernehmen einer solchen stehenden Säule, so wie auch das Reinigen der Platten, sehr mühsam ist, so hat man diesem Apparate verschiedene Abänderungen und Verbesserungen gegeben. Dahin gehört 1) die liegende

Säule, indem man die Platten zwischen horizontal liegende hölzerne Stäbe an einander schichtet, und zuletzt mittelst an beiden Enden angebrachter hölzerner Schrauben so weit zusammendrückt, als es die genaue Berührung derselben erfordert. Es ist einleuchtend, daß diese liegende Säule kaum einen Vorzug vor der stehenden hat. Beabsichtigt man nur eine Verminderung des pressenden Druckes bei Säulen aus vielen Plattenpaaren, so ist es besser, statt einer liegenden Säule mehrere stehende zu errichten, und die ungleichnamigen Pole derselben durch Kupferstreifen, oder starke Messingdrähte in leitende Verbindung zu setzen, wodurch die verbundenen Säulen in eine einzige verwandelt werden. Setzt man die gleichnamigen Pole zweier oder mehrerer neben einander stehender Säulen in leitende Verbindung, so werden sie zwar gleichfalls in eine einzige verwandelt, deren Wirksamkeit aber dadurch nicht vermehrt wird. Haben wir z. B. zwei Säulen, jede von 50 Plattenpaaren neben einander aufgerichtet, und verbinden, gleichviel ob oben oder unten, die letzte Kupfer mit der letzten Zinkplatte, so haben wir eine Säule, deren Mächtigkeit 100 Plattenpaaren entspricht; verbinden wir aber die letzte Zinkplatte der einen mit der letzten Zinkplatte der andern, so wie auch die letzte Kupferplatte mit der letzten Kupferplatte der andern Säule, so haben diese beiden Säulen zusammen nur eine elektrische Spannung von 50 Plattenpaaren. Um das Herablaufen der Flüßigkeit an stehenden Säulen zu verhindern, kann man die Kupferplatten größer als die Zinkplatten machen und mit einem aufstehenden Rande umgeben lassen, es versteht sich, daß dann der Zinkpol jederzeit unten seyn muß. Auch ist es einleuchtend, daß jede Voltaische Säule, wenn sie selbstständig wirken soll, isolirt seyn muß, und zwischen den einzelnen Plattenpaaren außer dem

feuchten Zwischenleiter keine andere leitende Verbindung haben darf.

Um mehrern Unbequemlichkeiten der Voltaischen Säule auszuweichen, hat man

2) den Trogapparat oder Zellenapparat erfunden. Vergleichen wir die einfache galvanische Kette (Fig. 122.) aus einem Kupferbecher a mit Salmiak-Auflösung gefüllt und einem Zinkstabe b, welcher in die Flüßigkeit eintaucht, und oben mit dem Kupfer in leitender Verbindung ist, mit der Voltaischen Säule (Fig. 120.) aus einfachen Ketten von Kupferplatten (Cu) Zinkplatten (Zn) und mit Salmiak-Auflösung getränkte Pappscheiben construirt, so muß sich bei geringem Nachdenken eine Combination von mehrern solchen einfachen Ketten aus Kupferbechern und Zinkstäben, so daß sie der Voltaischen Säule analog wird, leicht von selbst ergeben; man braucht nur mehre solche Kupferbecher a a a a a (Fig. 125.) auf einer isolirenden Fläche, etwa auf Glastafeln, so nebeneinander zu stellen, daß sie einander nicht berühren, und den Zinkstab b b b b b, welcher in jeden Becher taucht, mit dem Kupfer des daneben stehenden Bechers in leitende Verbindung zu bringen, und endlich den letzten Zinkstab auf der einen Seite d, so wie den letzten Kupferbecher e auf der andern Seite mit Draht zu armiren, so hat man eine elektrisch und chemisch wirksame Kette, sobald man in jeden Becher Salmiak-Auflösung, oder noch besser verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure gießt. Auch ist leicht einzusehen, daß dieser Becherapparat sehr verschiedene Modificationen zuläßt. So z. B. kann man statt der Kupferbecher Glas- oder Porzellanbecher nehmen, dieselben mit verdünnter Säure füllen, und darin die Bögen a b c (Fig. 118.) so vertheilen, daß jeder Bogen aus einem Becher in den daneben stehen-

den reicht (Fig. 123.), und die letzte Kupferplatte a, so wie die letzte Zinkplatte b mit Schließungsdrähten armirt wird.

Bei größern Apparaten ist es der Wohlfeilheit und Bequemlichkeit wegen besser, wenn man diesen Becherapparat in einen Trog- oder Zellenapparat verwandelt. Zu diesem Zwecke kann man entweder einen hölzernen Trog durch Scheidewände in mehrere Zellen abtheilen, und diese mit Harzfirniß überziehen, oder auch parallelepipedische Gefäße oder Zellen von Steinzeug oder Porzellän anwenden. In diese mit verdünnter Säure gefüllte Zellen, werden die durch Kupferstreifen oben vereinigten Kupfer- und Zinkplatten so eingesetzt, wie dies bei dem Becherapparate (Fig. 123.) soeben angegeben worden ist.

Um diese Plattenpaare alle auf einmal aus- und ein heben zu können, werden die Kupferbögen c c c c c, womit die Platten vereinigt sind, oben an einen gefirnißten hölzernen Stab festgeschraubt. So wie man mehrere stehende Säulen durch leitende Verbindung der ungleichnamigen Pole in eine verwandeln kann, eben so lassen sich durch leitende Verbindung mehrerer Trogapparate, Elektromotoren von außerordentlicher Wirksamkeit darstellen. Diese Trog- oder Zellenapparate bedürfen zwar weit mehr Säure zur Füllung als eine stehende Säule von gleicher Plattenzahl und Größe, sie haben aber den Vortheil, daß, wenn die Zellen einmal gefüllt sind, der Apparat augenblicklich in Wirksamkeit gesetzt und eben so schnell wieder auseinander genommen werden kann, auch darf man die Platten, um sie zu reinigen nur in Wasser abspülen und dann abtrocknen. Die Erfahrung hat indessen gelehrt, daß ein Trogapparat weniger Wirksamkeit besitzt, als eine Säule von gleicher Zahl und Größe der Platten, weil die einzelnen Platten

in den Zellen weiter und ungleicher von einander stehen als in der Säule.

3) Der Calorimotor des Hrn. Prof. Hare zu Philadelphia in Nordamerika, ist im Grunde nichts anderes als ein besonders modificirter Zellen-Apparat. Da nämlich die chemische Wirkung (Wärme-Entwicklung, Verbrennung, Wasserzersetzung u. s. w.) im direkten Verhältnisse mit der Oberfläche der Platten zu stehen scheint, so suchte Hare die Oberflächen der Kupfer-Zinkplatten zuerst dadurch zu vergrößern, daß er spiralförmig ineinander gerollte Kupfer- und Zinkbleche in cylindrische mit Säure gefüllte Gefäße stellte. Um einen Hareschen Calorimotor nach dieser Methode zu verfertigen, legt man zwischen ausgewalzte Zink- und Kupferplatten eine Scheibe von Leder oder Pappe, rollt sie dann spiralförmig ineinander, zieht hierauf die Leder- oder Pappscheibe heraus, und steckt dünne Holzstäbe darzwischen, um die ineinander gerollten Platten in ihrer Lage zu erhalten, und die wechselseitige Berührung derselben zu verhindern, so werden sie in Glascylinder gestellt, in welche man verdünnte Säure gießt. Will man mehrere Calorimotoren mit einander vereinigen, so verbindet man, wie beim Trogapparate, mittelst Kupferstreifen immer das Kupfer des einen Cylinders mit dem Zinke des andern; oder man kann, um eine einzige möglichst großplattige galvanische Kette darzustellen, alle Kupferrollen miteinander, so wie auch alle Zinkrollen zusammen in leitende Verbindung setzen, und dann die beiden gemeinschaftlichen Pole mit Drähten armiren. Späterhin fand Hare, daß es besser ist, wenn man statt der spiralförmig zusammen gerollten Bleche, ebene Zinkplatten, von etwa 7 Zoll Länge und 3 Zoll Breite nimmt, und sie ganz mit der Kupferplatte umgiebt, so daß diese eine Hülse oder Scheide bildet, welche unten und oben offen und

an den Seiten überall etwa ½ Zoll weit vom Zinke absteht durch dazwischen gesteckte gefirnißte Holzstücke läßt sich die Zinkplatte leicht in dieser kupfernen Scheide befestigen, ohne daß beide Metalle einander berühren. Mehrere solche Metallpaare werden mit darzwischen gelegten gefirnißten Pappscheiben mit den breiten Seiten aneinander gelegt, und in einen hölzernen Trog gestellt. Diesen Apparat nennt Hare Deflagrator. Sobald das Zink des einen Plattenpaares mit dem Kupfer des andern in leitende Verbindung gebracht, und die Endplatten gehörig armirt sind, lassen sich mit diesem Apparate die auffallendsten chemischen Wirkungen hervorbringen.

§. 167.

Wirkung der Elektricität. Jetzt erst, nachdem wir die vorzüglichsten Erregungsmittel der Elektricität kennen gelernt haben, können wir die Wirkungen derselben im Zusammenhange betrachten, und in dieser Hinsicht die Reibung und Berührungs-Elektricität mit einander vergleichen.

Die elektrischen Wirkungen sind vierfach, nämlich 1) mechanisch, 2) chemisch, 3) magnetisch, und 4) physiologisch.

Die mechanischen Wirkungen bestehen in Bewegung des Elektrometers und anderer leicht beweglicher Körper, in Durchbohrung und Zerreißung der Nichtleiter und Halbleiter, wenn sie der Vereinigung von $\overset{+}{\underset{-}{}}$ EE Hindernisse in den Weg legen, die überwunden werden können u. s. w. Was die Wirkung auf das Elektrometer betrifft, so ist nach Coulombs Versuchen die repulsive Kraft der Elektricität den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional. Nach Simons Versuchen aber, scheint das Gesetz der Abstoßung den Entfernungen im einfachen Verhältnisse umgekehrt proportional zu seyn. Die elektrische Anziehung folgt demselben

Gesetze. Die Zeit, welche die Elektricität erfordert, um einen gegebenen Raum zu durchlaufen, konnte wegen der ungeheuern Geschwindigkeit noch nicht bestimmt werden. Zwischen + E und — E bemerken wir den auffallenden Unterschied, daß + E beweglicher und ausdehnbarer ist als — E, mithin diesem jederzeit eine größere Strecke weit entgegen kömmt, um sich damit zu vereinigen. Wenn wir z. B. eine Glas und eine Siegellackstange von gleicher Länge und Dicke aneinander reiben, so nehmen wir an, daß das Glas eben so viel + E wie das Harz — E aufgenommen hat; allein wenn wir nachher jede Stange abgesondert, einem am Seidenfaden aufgehängten Korkkügelchen nähern, so bemerken wir den auffallenden Unterschied, daß das Korkkügelchen dem geriebenen Siegellacke aus einer weit größern Entfernung entgegen kommt, als dem geriebenen Glase; weil nämlich das Kügelchen gegen — E des Siegellacks + E, gegen + E des Glases aber — E angenommen hatte. Denselben Unterschied sehen wir am elektrischen Funken bei Entladung des Conductors der Elektrisirmaschine oder einer geladenen Leydner Flasche; von dem elektropositiv geladenen Körper geht jederzeit ein längerer Funke oder Lichtkegel aus, während man an dem elektronegativ geladenen Körper, an der Stelle, wo die Entladung vorgeht, nur einen leuchtenden Punkt oder Stern wahrnimmt. Ein Funke aus dem elektropositiv geladenen Conductor der großen Teylerschen Maschine in Harlem gezogen, theilt sich in mehrere Aeste, die alle denselben Weg gegen den elektronegativen Körper zu durchlaufen; ja, was noch mehr ist, wenn der Conductor dieser Maschine mit negativer Elektricität geladen wird, und man nähert ihm einen andern nicht geladenen mit der Erde verbundenen Conductor, so springt dennoch von diesem ein in mehrere Strahlen getheilter Funke gegen den elektrone-

gativ geladenen Conductor, weil auch hier + E aus der Erde gegen letztern geführt wird.

Wenn man einen elektropositiv geladenen Metallknopf einer Batterie, einem elektronegativ geladenen nähert, und darzwischen in einiger Entfernung ein Kartenblatt hält, so wird, so bald beide Knöpfe in ihre Schlagweite kommen, eine plötzliche Entladung erfolgen, welche durch das Kartenblatt ihren Weg nimmt, und sich durch dasselbe ein Loch bohrt. Die Ränder des Loches sind aber gegen denjenigen Knopf gekehrt, welcher elektronegativ geladen war, woraus man also sieht, daß hier der Funke gleichfalls seinen Weg von + E zu — E genommen hat. Dieses sah man als eine starke Stütze der Frankliniſchen Theorie an, allein die Stütze kann eben so gut der dualistischen Theorie dienen, denn wir haben in der Chemie mehrere Thatsachen, welche eine auffallende Analogie darbieten; wenn wir z. B. Wasserstoff- und Sauerstoffgas in solchen Gewichtsverhältnissen einander nähern, daß sie sich zusammen zu Wasser neutralisiren, so wird der Wasserstoff, weil er bei gleicher Temperatur ein weit größeres Volumen einnimmt, ähnlich dem + E, bei der Vereinigung einen größern Weg zurücklegen, als der Sauerstoff; eben so verhält sich, was den Weg zur Vereinigung betrifft, Ammoniak zur Schwefelsäure wie + E zu — E, weil ersteres weit ausdehnbarer ist, und der letztern aus weiterer Ferne entgegen kömmt, um sich damit zu neutralisiren. Wollten wir hier die chemischen Heterogeneitäten alle durchgehen, so könnten wir eine große Menge ähnlicher Vergleichungen aufstellen.

Zu den mechanischen Wirkungen, wodurch sich + E von — E auffallend unterscheidet, gehören auch die Lichtenbergischen Figuren; stellt man nämlich auf einen mit Harz überzogenen Teller einen metallnen Knopf und er-

theilt ihm + E, so wird auf den Harzkuchen gestäubtes Lycopodium in Strahlen auseinander fahren; ertheilt man hingegen dem auf dem Harzkuchen stehenden Knopfe — E so wird das daraufgestäubte Lycopodium wolkenförmige Figuren auf dem Harze bilden. Auch folgender von Hohlfeld angestellter Versuch, zeigt einen auffallenden Unterschied zwischen + E und — E. Wenn man in einen isolirt stehenden runden Lampendocht, eine unten mit dem Conductor der Elektrisir-Maschine in leitender Verbindung stehende Stecknadel so steckt, daß der Kopf derselben ¼ Zoll hervorragt, und nach angezündeter Lampe der Nadel + E ertheilt, so wird sich in der Flamme oben auf dem Nadelkopfe eine einfache Spitze bilden, an welche sich seitwärts mehrere ansetzen, so daß in der Flamme eine Art Zweig mit mehrern Nebenzweigen entsteht, wovon die Spitzen abgerundet sind. Giebt man hingegen der Nadel — E, so zeigen sich um den Nadelkopf nur einfache Spitzen, die immer einfach bleiben und wie Radien von einer Kugel hervorragen. Giebt man dem Dochte keine Nadel, so wird bei + E die Flamme hell und zugespitzt brennen, und die Lichtstärke vermehrt sich; bei — E hingegen wird die Flamme wie eine Halbkugel abgerundet, matt und verlischt zuletzt gänzlich.

Den Weg, welchen die Elektricität nimmt, kann man nach Wollaston und Porret auch aus der Bewegung des Wassers erkennen. Wenn man nämlich in einem gläsernen Gefäße (etwa in zwei ineinander gesteckten Röhren oder zwischen die beiden Hälften einer entzweigeschnittenen Glasschale) eine feuchte Blase so ausspannt, daß dadurch eine Scheidewand gebildet wird, durch welche das Wasser für sich nicht zu dringen vermag, und wenn man hierauf die eine von den gebildeten beiden Zellen mit Wasser füllt, in

die andere hingegen nur so wenig Wasser bringt, daß dadurch die leitende Verbindung hergestellt wird, so dringt das Wasser durch die Scheidewand, und füllt die leere Zelle, sobald man in das Wasser der gefüllten Zelle den positiven und in jenes der leeren Zelle den negativen Poldraht der Voltaischen Säule steckt; man sieht also auch hier, daß der Strom von + E zu — E geht; daß also, wenn ihre Quantitäten gleich sind, entweder die Anziehungskraft von — E größer seyn muß, als von + E, so daß ersteres im Stande ist, letzteres aus größerer Entfernung anzuziehen, oder daß + E ausdehnbarer ist, und bei gleicher Quantität ein größeres Volumen einnimmt, also weiter wirkt als — E.

Die zerstörende Kraft, womit die Elektricität dünne Schichten von Nichtleitern oder Halbleitern durchbricht, zeigt sich manchmal bei Verstärkungsflaschen, wenn sie überladen werden, wo dann das Glas durchbohrt wird, besonders wenn es in der Masse ungleich ist. Um diesem Unfalle auszuweichen, befestigt man auf der Flasche oder Batterie ein Henlysches Quadranten-Elektrometer, aus dessen Bewegung man die Stärke der Ladung erkennen kann. Zu den merkwürdigsten mechanischen Wirkungen der Elektricität gehört auch (nach de Nelis und van Marum) folgendes: Wenn man auf einer Glasscheibe zwei Streifen von Silber oder Gold (oder auch Zinn- oder Bleifolie) befestigt, so daß sie in einem Abstande von einander in stumpfen Spitzen endigen, und dann die Scheibe in ein Porzellänschälchen legt in welches man Wasser oder noch besser Oel gießt, so daß dieses ein Paar Linien hoch das Glas bedeckt, und nun elektrische Schläge durch die Metallstreifen aus einer mäßigen Leydner Flasche leitet, welche sich etwa während des Umtreibens der Maschine 30 bis 40 Mal in einer Minute entladet, so findet man nach einiger Zeit, daß sich das Glas

zwischen den Metallspitzen abnützt, wie wenn es mit Schmirgel geschliffen wäre; und wenn man mit den Entladungen etwa 1 Stunde lang fortfährt, so zeigt sich das Glas quer durchschnitten. Dieses zeigt sich auch, wenn man statt Glas Porzellan, Quarz, Porphyr, Trapp, Kalkspath, Gyps u. dgl. nimmt. Wenn man einen feinen Metalldraht durch einen metallenen Cylinder zieht, so daß der Draht bloß durch Nichtleiter an das Metall befestigt ist, und dann den Cylinder mit Oel füllt und starke elektrische Schläge hindurch leitet, so bewirkt das Oel, welches nicht schnell genug ausweichen kann, starke Explosionen, wodurch der Metallcylinder erst ausgedehnt, und zuletzt zersprengt wird.

Merkwürdig ist es, daß die Berührungs-Elektricität diese mechanische Gewalt nicht ausübt, wenigstens nie in dem Grade, wie die Reibungs-Elektricität. Man erklärt diesen Unterschied dadurch, daß man annimmt, durchs Reiben komme schon eine geringe Quantität freier Elektricität in eine weit stärkere Spannung, als bei der Voltaischen Säule eine große Quantität, oder was auf dasselbe hinausgeht, durchs Reiben treten + E und — E aus den Nichtleitern weit freier hervor, und suchen sich mit großer Energie wieder zu neutralisiren; durch Berührung der Leiter und Halbleiter hingegen, kann zwar eine große Menge + E und — E in Thätigkeit gesetzt werden, allein hier haften diese Potenzen tiefer und fester an den Körpern, und suchen mehr mit diesen oder mit deren Elementen, als unter sich selbst neue Verbindungen zu bilden.

Daher unterscheidet sich der Galvanismus ganz vorzüglich durch seine chemischen Wirkungen, welche bei der Reibungs-Elektricität gar nicht oder nur schwierig gelingen: Entladet man z. B. eine Verstärkungsflasche durch einen feinen Stahldraht, welcher von der äußern Belegung aus dem

Knopfe der innern genähert wird, so erfolgt die Entladung schon in beträchtlicher Entfernung mit glänzenden Funken, ohne daß der Draht verbrennt. Schließt man hingegen mit demselben Drahte eine Voltaische Säule, welche auf das Elektrometer weit weniger wirkt als die geladene Flasche, so muß man das Drahtende des einen Pols der andern Polplatte sehr nahe bringen, bis einmal ein Funke erscheint, dann aber erhitzt er sich sogleich zum Glühen und verbrennt. Eben so kann man Gold und Silberblättchen durch die Voltaische Säule sehr leicht, mit der Elektrisir-Maschine aber nur schwierig, verbrennen. Die stärkste Hitze läßt sich mit Hare's Calorimotor oder Deflagrator (§. 166.) hervorbringen, so daß dadurch sogar Holzkohle gewissermassen zum Schmelzen kömmt, und ein metallisches Ansehen gewinnt. Ueberhaupt erhitzt sich die Kohle sehr stark und kömmt ins heftigste Glühen, wenn man die Poldrähte einer kräftigen Voltaischen Säule oder eines Calorimotors damit armirt, und einander nähert. Der Grad der Wärme, welcher durch denselben Calorimotor hervorgebracht wird, hängt jederzeit theils von der Natur der Materie, durch welche die elektrische Entladung erfolgt, und theils vom umgebenden Medium ab; ein Platindraht, welcher durch Entladung einer Voltaischen Säule in der atmosphärischen Luft wenig erhitzt wird, kömmt im luftleeren Raum ins heftigste Glühen ja bis zum Schmelzen. Leicht brennbare Körper, welche sich im Kreise der Voltaischen Kette sehr leicht entzünden lassen, wie z. B. Feuerschwamm, Schießpulver, Weingeist, Kampfer u. dgl. werden von dem Entladungsfunken des Conductors oder einer Leydner Flasche nicht immer gleich gut entzündet. Merkwürdig ist es, daß der Entladungsfunke an Zündkraft für Feuerschwamm und Schießpulver gewinnt, wenn er durch unvollkommene Leitung in seiner Bewegung gehemmt wird.

Leitet man daher den elektrischen Funken von einer Leydner Flasche mittelst Draht durch eine mit Wasser gefüllte Röhre, so entzündet er das Schießpulver mit Sicherheit. Ein noch schwächerer Funke entzündet es, wenn der Leitungsdraht durch Alkohol geht; Leuthwaite fand aber, daß die zündende Kraft wieder verschwindet, wenn der Draht durch eine Säure geleitet wird. Knallgas oder Wasserstoffgas in atmosphärischer Luft, läßt sich indessen auch durch einen schwachen Entladungsfunken von einem Elektrophor oder von einer Elektrisir-Maschine leicht entzünden, darauf beruht die bekannte von Fürstenberger erfundene Zündmaschine.

Geht der elektrische Funke durch eine tropfbare Flüßigkeit, so entbindet sich daraus immer Dampf oder Gas. In elastischen Flüßigkeiten ist das elektrische Licht um so stärker, je größer die Dichtigkeit derselben ist. Das stärkste Licht, welches gleich der Sonne mit freien Augen ohne Nachtheil nicht gesehen werden kann, erhielt Hare, als er die Entladung seines Calorimotors von 250 Plattenpaaren durch Kohlenspitzen gehen ließ, wobei sich die Kohle als glühender Dampf verflüchtigte. Läßt man den elektrischen Funken durch den luftleeren Raum gehen, so wird dieser gänzlich leuchtend, woraus sich ergiebt, daß der gewöhnliche schmale und geschlängelte oder verästete Funke vom Drucke der Luft abhängt.

Erman hat die merkwürdige Entdeckung gemacht, daß einige Körper aus der Klasse der Halbleiter, welche die Reibungs-Elektricität ziemlich gut, und zwar + E eben so wie — E leiten, von der galvanischen Elektricität nur + E oder — E durchlassen, die andere aber isoliren: solche Körper nennt man unipolare Leiter. Gut ausgetrocknete Seife z. B. leitet + E und isolirt — E; die Flamme des brennenden Phosphors hingegen leitet — E und

isolirt + E. Wenn man also die beiden Leitungsdrähte einer Voltaischen Säule in ein isolirtes Stück trockner Seife steckt, daß die Drahtende in einem geringen Abstande einander gegenüber stehen, so wird die Säule nicht entladen, und wenn man an den Polen Elektrometer-Kugeln aufhängt, so behalten sie ihre Divergenz, als ob keine Schließung der Pole statt fände. Wenn man hingegen den positiven Poldraht in die Seife steckt, und diese mit dem Erdboden in Verbindung setzt, so wird die + E abgeleitet, während die elektrische Intensität des negativen Pols aufs Maximum steigt. Macht man den Versuch mit der Flamme des brennenden Phosphors, oder mit dem Dämpfen von einem in der Weingeistflamme glühenden Platindraht, wobei gleichfalls Säure frei wird, so findet das Gegentheil Statt.

Man hat gefunden, daß die meisten Halbleiter auf diese Weise unipolare Leiter sind, und daß diese Eigenschaft mit ihrem elektrochemischen Verhalten im Verhältnisse steht, und zwar so, daß sie diejenige Elektricität, welche sie durch Berührung gewöhnlich frei machen, fortleiten, die entgegengesetzte aber isoliren. Da nun die Alkalien elektropositiv und die Säuren negativ sind, so folgt daraus, daß erstere + E leiten und — E isoliren, so wie umgekehrt die letztern — E leiten und + E isoliren.

Nur die Metalle, überhaupt die Leiter erster Klasse leiten beide EE gleich gut, wenigstens ist der Unterschied nicht merklich.

Was die magnetische und physiologische Wirkung der Elektricität betrifft, so wird davon weiter unten (§. 170 und §. 172.) besonders gehandelt werden.

§. 168.

Luftelektricität. Da wir wissen, daß durch ungleiche Er-

wärmung der Körper, also auch durch die abwechselnde Besonnung der Erde, durch ihre Axendrehung, durch Verdampfung des Wassers, durch Condensation des Dampfes, also auch durch Wolkenbildung, durch Reibung, Druck, Ausdehnung, also auch durch die Wirkungen des Windes auf Wolken, Wasser und Erde, Elektricität erregt wird, so läßt sich leicht einsehen, wie Ungewitter als elektrische Erscheinung entstehen können.

In der wärmern Jahreszeit, und in den wärmern Himmelsstrichen, wo beständig eine ungeheure Menge Wasser verdampft, und der Dampf in den obern kältern Regionen der Atmosphäre zum Theil zu Wolken condensirt wird, muß die Erde nothwendig mit den Wolken in eine starke elektrische Spannung kommen, indem die dazwischen sich befindliche Luftschicht als Nichtleiter wirkt, und mit dem Glase einer geladenen Verstärkungsflasche, die Erde aber mit der innern und die Wolke mit der äußern Belegung verglichen werden kann. Von diesem geladenen Zustande kann man sich überzeugen, wenn man auf einem Thurme oder hohem Hause eine Metallstange isolirt und senkrecht befestigt; von dieser Stange einen Messingdraht herunterleitet, etwa in ein Zimmer, und das Ende dieses Drahts mit einer messingnen Kugel armirt; wenn man ferner auf der andern Seite eine Metallstange in die Erde steckt und davon gleichfalls einen Draht, welcher mit einer Kugel endigt, zu den Beobachtungsort leitet, so kann man zwischen diesen beiden Metallkugeln, wenn man sie bis auf einige Linien einander nähert, Funken und alle andern Erscheinungen, welche die Elektrisir-Maschine darbietet, beobachten, sobald die elektrische Spannung zwischen Erde und Wolken hinreichend stark wird. Im Freien kann man sich eines papiernen Drachens bedienen, den man emporsteigen läßt, um den Zustand der

Luft-Elektricität zu untersuchen; nur muß man für diesen Zweck die Schnur, woran der Drache gezogen und gehalten werden soll, mit Metallfäden durchflechten lassen; auch muß man diese Metallschnur unten, wo sie befestiget wird, mittelst einer daran befestigten Seidenschnur isoliren. Wenn ein Ungewitter am Himmel ist, können Versuche mit der Luft-Elektricität gefährlich werden, wie wir ein warnendes Beispiel an dem berühmten Physiker Richmann haben, welcher i. J. 1753 zu St. Petersbung, als Opfer seines Eifers bei einem solchen Versuche todt hingestreckt worden ist.

Wenn eine Wolke oben von der Sonne beschienen wird, so kann ein Theil derselben wieder verdunsten, und dadurch eine neue elektrische Vertheilung geschehen, so daß die neue Wolke, welche sich nachher aus dem verdunsteten Antheile bildet, gegen die untere Wolke entgegengesetzt elektrisch wird. So kann es kommen, daß zwischen Wolken von verschiedener Höhe, sobald sie in ihre Schlagweite kommen, selbst elektrische Entladungen, also Donner und Blitz erfolgen, ohne daß letzterer zur Erde fährt.

Kommt bei trockner Luft eine stark elektrische Wolke der Erde hinreichend nahe, so erregt sie auf dieser den entgegengesetzt elektrischen Zustand, bis endlich wiederholte Entladungen eintreten. Jedem Blitze, der zur Erde fährt, kömmt von dieser aus die entgegengesetzte Elektricität entgegen. So wie der Knall, welchen man beim Entladen einer elektrischen Batterie hört, von dem Widerstande der Luft veranlaßt wird — denn im luftleeren Raume gehen die elektrischen Entladungen geräuschlos vor sich — eben so rührt der Donner, welcher den Blitz des Ungewitters begleitet, von dem plötzlichen Luftdrucke her, welcher so stark ist, daß er in der Nähe der elektrischen Entladung Menschen und Thiere niederdrückt, und die benachbarte Luft in schwingen-

de Bewegung versetzt, welche wir als Donner hören. Der Luftwiderstand veranlaßt auch den gedrängten Funken und die zackige Bewegung desselben. Bei Entladungen zwischen Wolken in höhern Regionen, wo die Luft sehr verdünnt ist, erscheint das elektrische Licht als Wetterleuchten, so wie ein luftleer gemachter Recipient ganz leuchtend wird, sobald die elektrische Entladung in demselben erfolgt.

Der besondere Phosphorgeruch, welcher sowohl an der Elektrisir-Maschine, als auch da, wo der Blitz eingeschlagen hat, wahrgenommen wird, rührt wahrscheinlich von chemischen Zersetzungen her, die noch nicht hinreichend bekannt sind.

Da Spitzen ein allmähliges Ausströmen der Elektricität ohne Schlag bewirken, so ist der Nutzen der Blitzableiter leicht begreiflich. Diese Wetterstangen müssen auf den höchsten Punkten der Gebäude in zweckmäßiger Anzahl, etwa in Entfernungen von 60 Fuß errichtet seyn, und mit der Erde in ununterbrochener leitender Verbindung stehen. Da die Elektricität vom Kupfer besser geleitet wird als vom Eisen, so scheinen starke Streifen von Kupfer oder Messing zur leitenden Verbindung der Wetterstangen mit der Erde am geeignetsten zu seyn; das Eisen ist schon deßhalb nicht wohl geeignet, weil es an der Luft leicht rostet und dadurch an Leitungskraft verliert; daher versieht man auch die Blitzableiter mit vergoldeten kupfernen Spitzen. Eine verhältnißmäßige Anzahl und Capacität der Leitungsdrähte oder Streifen, so wie auch ihre feste Verbindung unter sich, ist begreiflicher Weise eine Sache von großer Wichtigkeit. Auch muß das Leitungsmetall eine Strecke weit unter der Erde fortgeführt werden, damit der Blitz nicht eine schädliche Richtung erhält *). Da

*) Ausführlicher kann man sich über diesen nützlichen Gegenstand be-

wir wissen, daß der elektrische Funke durch gewisse Hemmungen in seiner Bewegung, vorzüglich durch Wasser, an Zündkraft gewinnt, so können wir daraus leicht die Umstände beurtheilen, welche veranlassen, daß der Blitz manchmal sehr leicht zündet, und manchmal wieder nicht, wenn er auch brennbare Körper trifft. Die gewaltigen Zerstörungen, welche der Blitz bisweilen anrichtet, wenn er schlechtleitende Körper trifft, oder wenn der Leiter unterbrochen, oder zu schwach ist, um alle Elektricität schnell fortzuleiten, lassen sich auch im Kleinen mit elektrischen Batterien zeigen.

Da feuchte Luft ein ziemlich guter Leiter für Elektricität ist, so bewirkt sie eine unmerkliche Entladung der elektrischen Wolken, ohne daß ein Ungewitter entstehen kann. Dieß, nebst der geringern Verdunstung in der Kälte, ist die Ursache, warum im Winter, und den Polargegenden die Ungewitter so selten sind.

Zu den Erscheinungen der Luftelektricität gehört auch das Elmsfeuer und Leuchten der Thurmspitzen, Blitzableiter und anderer hoher Gegenstände bei langsamer Entladung der Luftelektricität während der Nacht, die Wasserhosen, so wie auch der Hagel, dessen Entstehung an heißen Sommertagen darin gegründet zu seyn scheint, daß theils durchs Besonnen einer dichten Gewitterwolke und theils durch gewisse obere Luftströmungen eine schnelle Verdampfung des Wassers von der obern Seite der Wolke und dadurch eine

---

lehren in Imhof's theoret. prakt. Anweisung zur Anlegung und Erhaltung zweckmäßiger Blitzableiter. München 1816. Auch in Bodde's Grundzügen zur Theorie der Blitzableiter. Münster 1809.

starke Verdunstungskälte erfolgt, wodurch die Wasserbläschen gefrieren und sich schnell zu beträchtlichen Klumpen anhäufen u. s. w.

§. 169.

Erdmagnetismus. Es ist eine alte Beobachtung, daß ein natürliches Eisenerz, nämlich der Magneteisenstein (Eisen mit dem Minimum von Sauerstoff), unter dem Namen natürlicher Magnet bekannt, die Eigenschaft besitzt, Eisenfeilspäne aus der Entfernung anzuziehen, und an sich festzuhalten; und wenn derselbe als hinreichend langes Stück an Seidenfaden horizontal aufgehängt, oder auf Queckſilber oder mittelst Kork auf Wasser schwimmend frei beweglich ist, sich von selbst nach einer bestimmten Himmelsgegend, nämlich mit einer Seite nach Süden und mit der andern nach Norden zu richten. Die beiden äußersten Enden, welche die Anziehungskraft im höchsten Grade besitzen, nennt man die Pole des Magnets, und zwar das nach Norden gekehrte Ende den Nordpol oder das Nordende, und das nach Süden stehende Ende den Südpol oder das Südende. Die gerade Linie zwischen diesen Polen heißt die Axe des Magnets.

Hängt man zwei oder mehrere Magnete leicht beweglich auf, und nähert sie einander aus verschiedenen Richtungen, so zeigt sich, daß auch hier, wie bei elektrischen Körpern, gleichnamige Pole einander abstoßen und ungleichnamige einander anziehen. Da sich nun der Magnet in die Richtung von Nord (N) nach Süden (S) stellt, so dürfen wir mit Grund annehmen, daß die Erde selbst ein natürlicher Magnet sey, wovon der eine Pol dem Nord- und der andere dem Südpol nahe liegt, und daß, weil gleichnamige Pole einander abstoßen, und ungleichnamige einander anzie-

hen, der im Norden gelegene Pol der Erde dem nach Süden gekehrten Ende des Magnets entspreche; aus diesem Grunde nennen einige Physiker das nach Norden stehende Ende des frei aufgehängten Magnets Südpol, und das nach Süden stehende Ende Nordpol. Da aber diese Neuerung im Sprachgebrauche nur Verwirrungen herbeiführt, so wollen wir, da doch die Ausdrücke Nordpol und Südpol zwei bestimmte einander entgegengesetzte Punkte der Erde bezeichnen, die Pole des Magnets lieber Enden, also das nach Norden stehende Nordende und das andere Südende nennen.

Denken wir uns die magnetische Axe um die Erde verlängert, so ist dies der magnetische Meridian; und eine auf der magnetischen Axe in der Mitte senkrecht stehende Ebene heißt der magnetische Aequator.

Es giebt auch natürliche Magnete mit vier oder mehrern Polen an verschiedenen Stellen, man nennt sie zusammengesetzte Magnete, und betrachtet sie wie aus mehrern in einander gewachsenen Magneten bestehend.

Wird der Magneteisenstein an den Stellen, wo sich seine Pole befinden, abgeschliffen, und werden die eben geschliffenen Stellen mit zwei dünnen Platten von weichem Eisen (Fig. 128.) a b und c d belegt, deren jede sich in einen dicken hervorstehenden Fuß b und d endigt, so wird dadurch die anziehende Kraft des Magnets sehr verstärkt; und diese Verstärkung nennt man die Armirung. Diese Armatur wird durch Einfassung mit Leder oder mit Messing befestigt. Durch diese Armirung concentrirt sich die ganze Kraft in den beiden Füßen b d, wovon der eine das Südende und der andere das Nordende des Magnets ist. Beide Pole zugleich läßt man auf ein Stück weiches Eisen e wirken, welches man den Anker nennt. Hängt man nun

den armirten Magnet mit den Füßen b d abwärts gekehrt frei auf, und befestigt man an den Anker e eine Wagschale, so wird man finden, daß der Magnet anfangs ein bestimmtes Gewicht zu tragen im Stande ist, daß sich aber seine Kraft beträchtlich vermehren läßt, wenn man von Zeit zu Zeit kleine Gewichte in die Wagschale legt, so daß er zuletzt Lasten trägt, welche sein eigenes Gewicht mehrmals übertreffen.

Durch öfteres Abreißen des Ankers, durch heftige Erschütterungen, durchs Rosten, durchs Erwärmen, durch zuwenig Gewicht u. dgl., verliert der Magnet wieder an Kraft.

So wie die Armaturen b d (Fig. 128.) durch Berührung mit dem Magnete selbst magnetisch werden, eben so erlangt der Anker e; sobald er in den Wirkungskreis des Magnets kömmt, magnetische Polarität, und dieses gilt überhaupt vom Eisen. Derjenige Theil, welcher von dem Nordende des Magnets angezogen wird, verhält sich nun wie Südpol, und der andere wie Nordpol. Diese magnetische Polarität heißt Magnetismus. Man versteht aber unter diesem Worte auch die dem Magnete und dem magnetisch gewordenen Eisen eigenthümliche Kraft, oder wohl auch eine besondere Materie, die diese Kraft besitzt.

Nähert man einem Eisenstabe den einen Pol eines kräftigen Magnets, so erlangt nicht nur das dem Magnetpole zugekehrte Ende des Eisens entgegengesetzte Polarität, sondern auch das andere Ende des Stabes wird magnetisch und zwar neuerdings entgegengesetzt, d. h. mit dem genäherten Pole gleichnamig; es erfolgt also hier eine ähnliche magnetische Vertheilung, wie wir eine elektrische (§. 157.) kennen gelernt haben. Hängt man daher zwei Stückchen Eisendraht von etwa

1 Zoll Länge an Fäden neben einander auf, und nähert man von unten den Pol eines kräftigen Magnets, so entfernen sie sich von einander und bleiben in dieser Stellung solange sie in der Atmosphäre des Magnets bleiben, weil sie selbst magnetisch geworden sind, und zwar mit den gleichnamigen Polen nach derselben Richtung gehend. Diese magnetische Polarisation läßt sich durch verschiedene andere Versuche zeigen.

Entfernt man das Eisen aus der Atmosphäre des Magnets, o verliert es wieder seine magnetische Polarität. Der Stahl hingegen ist im Stande durch gewiße Behandlung bleibend Magnetismus anzunehmen; daher bedient man sich des Stahls zur Verfertigung künstlicher Magnete, welchen man eine weit stärkere Kraft ertheilen kann, als der natürliche Magnet besitzt.

Dieses Magnetisiren des Stahls geschieht durchs Streichen, entweder mit einem armirten natürlichen, oder gewöhnlich mit einem künstlichen Magnete. Es giebt dabei verschiedene Manipulationen; die gewöhnlichsten sind folgende:

1) durch den einfachen Strich. Man legt einen Stahlstab in den magnetischen Meridian, setzt auf die Mitte desselben das Südende (s M) eines sehr kräftigen Magnets und streicht damit auf dem Stahlstabe bis zum nördlich stehenden Ende und fährt mit dem Magnete noch eine Strecke darüber hinaus; dieses wiederholt man 50 bis 100 mal. Eben so behandelt man die andere Hälfte des Stabes mit dem Nordende (n M) in der Richtung nach Süden. Man muß sich aber wohl in Acht nehmen, daß man nie von dem Ende des Stabes nach der Mitte zurückstreicht, weil dadurch der Magnetismus wieder zerstört würde. Dasjenige Ende des Stabes, welches man mit s M gestrichen hat, be-

sitzt nun n M, und das andere, welches mit n M behandelt worden war, ist s M.

Das Nordende des Magnets bezeichnet man, um es jederzeit sogleich zu erkennen, mit +, oder auch nur mit einem eingefeilten Striche.

2) durch den Doppelstrich ertheilt man einem Stahlstabe Magnetismus, wenn man in der Mitte desselben beide magnetische Pole aufsetzt, und damit langsam vor und rückwärts von einem Ende zum andern streicht. Will man mit dem Streichen aufhören, so zieht man die beiden Magnetpole in der Mitte der Stange wieder ab.

3) durch den Zirkelstrich kann man vier Stahlstangen auf einmal magnetisch machen; man legt sie nämlich in ein Viereck, und streicht, wie beim Doppelstrich mit beiden Polen zugleich von einem Stabe zum andern fort, und so öfters herum.

Uebrigens wird Stahl auch dadurch häufig magnetisch, daß er in der Richtung des magnetischen Meridians einige Zeit lang hängen oder liegen bleibt, oder in dieser Richtung erwärmt, gehämmert, gefeilt, geworfen u. s. w. wird.

Wenn man mehrere Magnetstäbe mit gleichnamigen Polen zusammenlegt, und ihre Pole mit weichem Eisen verbindet, so erhält man einen einzigen Magnet mit verstärkter Kraft, oder eine sogenannte magnetische Batterie. Man giebt ihr gewöhnlich eine hufeisenförmige Gestalt, damit die beiden Pole nach einer Richtung zu stehen kommen, und durch ihre wechselseitige Einwirkung an Kraft gewinnen. Soll der künstliche Magnet an seinem Schwerpunkte horizontal frei beweglich aufgehängt werden, um theils den magnetischen Meridian der Erde, theils die magnetischen Eigenschaften nahe gebrachter Körper kennen zu lernen u. s. w., so giebt man demselben eine parallelepipedische oder nadelför-

mige Gestalt. Die gewöhnlichen Magnetnadeln sind ungefähr 2 Zoll lang, in der Mitte 2 bis 3 Linien breit, gegen die beiden Enden schmal zulaufend, und, damit sie nicht durch ihr Gewicht an Beweglichkeit verlieren, verhältnißmäßig dünn; in der Mitte sind sie mit einer Haube von Messing oder Achat, oder Diamant versehen, um horizontalbeweglich auf eine Spitze gestellt zu werden. Hat man die Nadel vor dem Magnetisiren im Schwerpunkte mit einem Grübchen versehen, so daß sie auf einer Spitze genau horizontal schwebt, so behält sie nach dem Magnetisiren diese wagerechte Richtung nicht mehr, indem sie nun auf unserer Hemisphäre mit dem Nordende gegen den Horizont geneigt ist, weil wir dem Nordpole der Erde näher sind als dem Südpole. Am Aequator schwebt die Nadel wieder genau wagrecht, auf der südlichen Hemisphäre der Erde aber bekömmt das Südende der Nadel das Uebergewicht.

Um diesen Einfluß der Erdpolarität auf die Magnetnadel nach Graden messen zu können, hat man eigene Nadeln, welche in einer vertikalen Ebene um ihr Centrum frei beweglich sind, und diese heißen Inclinationsnadeln. Die gewöhnlichen Magnetnadeln aber, welche in einer horizontalen Ebene sich bewegen, heißen Declinationsnadeln, weil sie sich von selbst in den magnetischen Meridian stellen, der vom Erdmeridian etwas abweicht (declinirt). Bei Verfertigung derselben muß der Aufhängepunkt da angebracht werden, wo sich der Schwerpunkt nach dem Magnetisiren befindet, damit sie freier beweglich sind und weniger Reibung an der Aufhängspitze erleiden. Da die Declinationsnadel in den meisten Gegenden der Erde, in soferne nicht benachbartes Eisen störend darauf einwirkt, sich von selbst nach einer Linie richtet, welche, um die Erde herum fortgesetzt als Meridian gedacht, von dem geographi-

schen Meridian, der durch die Pole geht, nicht viel abweicht, so ist sie ein höchst schätzbares Instrument, um daran vorzüglich auf dem Meere, auch bei Reisen zu Land, beim Feldmessen, beim Bergbau u. s. w. die Himmelsgegenden zu erkennen. Dieses Instrument heißt Compaß oder Bousole. Beim Schiffs- oder Seecompasse befindet sich die Spitze, worauf die Declinationsnadel schwebt, im Mittelpunkte einer Windrose, auf welcher die Himmelsgegenden verzeichnet sind. Beim Gruben- oder Hängecompaß der Markscheider ist der Umkreis statt der Windrose in zweimal zwölf Theile, welche Stunden heißen, getheilt.

Die Abweichung der Magnetnadel von der Mittagslinie bleibt sich, was besonders merkwürdig ist, an ein und demselben Orte nicht immer gleich; in Europa war sie vom Jahre 1580 bis 1657 mit dem Nordende östlich, verminderte sich aber immer mehr, bis zuletzt der magnetische Meridian mit dem Erdmeridian Eins wurde, vom Jahre 1657 an aber wurde die Abweichung westlich und zwar immer mehr, bis sie zum Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts in London 24°, und i. J. 1818 24° 45′ erreichte; nun aber scheint die Nadel wieder eine rückgängige Bewegung anzunehmen. Außer dieser in längern Zeiträumen vor- und rückschreitenden Bewegung der Magnetnadel, oder was dasselbe ist, außer dieser Ortsveränderung der irdischen Magnetpole, bemerken wir noch eine andere tägliche Abweichung, welche jedoch nie einen ganzen Grad ausmacht: nach Gilpin ist sie stationär im Minimo Morgens zwischen 7 und 8 Uhr, und im Maximo Nachmittags zwischen 1 und 2 Uhr. Diese täglichen Veränderungen sind aber auch in den verschiedenen Jahreszeiten ungleich, und zwar im Sommer am größten und im Winter am geringsten; im Mittel betragen

sie im März 8'5; im Juni 11'2; im Juli 19'6; im Sept. 14'8 und im Dec. 7'6. Hansteen fand mittelst einer cylindrischen Magnetnadel an einem feinen Seidenfaden aufgehängt, daß sich in Christiania die Kraft des Erdmagnetismus in den Morgenstunden schwächer äußert, bis gegen 11 Uhr, wo sie ihr Minimum erreicht, dann aber wieder bis gegen 4 Uhr (und im Frühjahre gegen 6 bis 7 Uhr) Abends zunimmt, dann eine neue Abnahme erleidet; daß in der Nacht wieder eine Zunahme folgt, welche gegen 3 Uhr das Maximum erreicht, daß dessen Kraft sich in den nächsten 2 bis 3 Tagen nach dem Durchgange des Mondes durch den Aequator merklich schwächer zeigt, und im Winter stärker ist als im Sommer.

Die wahre Ursache und den Zusammenhang dieser zum Theil widersprechenden Erscheinungen kennen wir noch nicht. Einige Physiker glauben, ein im Innern der Erde sich bewegender Körper sey die Ursache; doch läßt sich nicht läugnen, daß auch das Verhältniß der Sonne zur Erde einen großen Einfluß auf den Magnetismus hat; und es ist demnach sehr wahrscheinlich, daß die periodischen und lokalen Abweichungen der Magnetnadel das Spiel mehrerer zugleich wirkender Ursachen sind, wenigstens hat man schon mehrmalen beobachtet, daß kurz vor oder während eines Erdbebens oder eines vulkanischen Ausbruches die Magnetnadel gleichfalls beunruhiget wird. Auch das Nordlicht scheint mit dem Erdmagnetismus im Zusammenhange zu stehen, wenigstens wirkt es auf die Magnetnadel.

Die periodischen Abweichungen sind aber nicht überall gleich; es giebt gewiße Linien auf der Erdoberfläche, wo gar keine Declination statt findet. Diese Linien laufen aber nicht mit dem geographischen Meridian gleichmäßig fort. Dem Seefahrer und Geognosten sind sie besonders wichtig;

vielleicht werden sie von unterirdischen Eisenmassen gebildet; dieses wird auch aus der Beobachtung wahrscheinlich, daß auf beiden Seiten jeder dieser Linien, wie man sich östlich oder westlich entfernt, die Abweichung der Nadel dieser Entfernung entgegengesetzt, also gegen die Linie zu geht. Besonders merkwürdig ist noch dieß, daß, nach Freysinet, auf Timor die Abweichung der Magnetnadel den ganzen Morgen hindurch östlich, die übrige Zeit aber westlich ist; und daß auf den Marianen und auf den Sandwichs-Inseln die Magnetnadel von 8 Uhr Morgens bis 1 Uhr Nachmittags nach Westen, die übrige Zeit nach Osten geht. Auch die Veränderungen der Inclinationsnadel in verschiedenen Gegenden scheinen von ungeheuern Eisenmassen vorzüglich in der Nähe des Nordpols veranlaßt zu werden, es scheint einen um die ganze Erde herumlaufenden magnetischen Aequator zu geben, wo die Inclinationsnadel horizontal steht, weil die Eisenmassen auf beiden Seiten ziemlich gleich wirken. Diese Annahme wird um so wahrscheinlicher, als man bisher noch keine periodische Veränderung der magnetischen Inclination beobachten konnte. Die absolute Stärke der magnetischen Anziehung nimmt vom Aequator an nach den Polen zu; doch hat man beobachtet, daß der Erdmagnetismus auf der nördlichen Hemisphäre stärker wirkt, als auf der südlichen; woraus wir also schließen dürfen, daß in der Nähe des Nordpols das Eisen entweder in größerer Menge oder näher an der Oberfläche der Erde seyn müsse, als in der Nähe des Südpols, wo überhaupt das feste Land niedriger, und ganz vom Meere bedeckt zu seyn scheint.

Soviel also im Allgemeinen vom Erdmagnetismus. Nun noch Einiges von den magnetischen Eigenschaften ins Besondere.

1) Das Eisen ist nicht das einzige Metall, welches Magnetismus annimmt und auf die Magetnadel wirkt; wir wissen, daß auch Nickel und Kobalt, wenn sie rein sind, vom Magnete gezogen werden, und selbst magnetische Polarität annehmen, allein in einem weit geringern Grade als der Stahl. Auch Mangan und Chrom sollen auf die Magnetnadel wirken. Dieselbe Eigenschaft in einem sehr geringen Grade erhalten auch bisweilen andere Metalle, wenn sie mit eisernen Instrumenten behandelt worden sind; ja Coulomb hat sogar gefunden, daß alle festen Körper magnetisch werden können. Er bediente sich feiner Nadeln von Gold, Silber, Glas, Holz u. s. w. hieng sie zwischen den Polen zweier starker Magnete frei schwebend auf, und nach einiger Zeit fand er, daß diese Nadeln schwache magnetische Polarität besaßen. Und Hansteen zeigte nachher, daß die Körper auch ohne künstliche Einwirkung der Magnete magnetische Polarität besitzen, dieses wenigstens schließt er aus der Zahl der Schwingungen einer Magnetnadel an den verschiedenen Enden der Körper, so z. B. fand er, daß die Nadel an einem Baume unten nahe an der Erde, an der nördlichen Seite, in derselben Zeit mehrere Schwingungen mache, als an der südlichen Seite; daß sie hingegen oben am Gipfel auf der nördlichen Seite weniger schwingt als an der Südseite. Hansteen glaubte also daraus schließen zu dürfen, daß die Bäume und andere in der Erde senkrecht stehende Körper auf unserer Hemisphäre den Nordpol unten, und den Südpol oben haben, und daß dieß auf der südlichen Halbkugel wahrscheinlich umgekehrt seyn wird.

Was das Eisen betrifft, so ist noch folgendes besonders merkwürdig: Das reine Eisen wird sehr schnell und stark vom Magnete afficirt, und besitzt dann, solange es in dessen magnetischer Wirkungssphäre bleibt, selbst magnetische Po-

larität; allein es verliert diese Eigenschaft bald wieder, sobald der Magnet darauf zu wirken aufhört. Sobald aber das Eisen mit dem Minimum von Kohlenstoff als Stahl, mit dem Minimum vom Schwefel als Magnetkies, mit dem Minimum von Sauerstoff als Magneteisenstein u. s. w. verbunden ist, nimmt es zwar schwieriger Magnetismus an, behält denselben aber nachher bleibend.

2) Die Kraft der magnetischen Anziehung und Abstoßung nimmt mit der Entfernung ab, und zwar wie es scheint, im quadratischen Verhältniße. Die Anziehung der ungleichnamigen Pole zweier Magnete erstreckt sich auf eine größere Entfernung, als die Anziehung, welche ein Magnet auf nichtmagnetisches Eisen ausübt. Die Stärke der magnetischen Kraft bestimmt man nach der Zahl und Geschwindigkeit der Schwingungen, die eine Magnetadel macht, wenn man sie aus ihrem magnetischen Meridian in die Richtung des magnetischen Aequators bringt, und dann los läßt.

3) Nicht nur alle Körper, sondern sogar auch der luftleere Raum, sind Leiter für den Magnetismus, denn die magnetische Wirkung der Erde, so wie auch des Magnets auf Eisen, geht durch alle Körper, man mag Metalle, Erden, Säuren, Alkalien, Salze, Glas, Papier oder organische Körper dazwischen bringen; diese Wirkung in die Entfernung und durch andere Körper hindurch könnte nicht statt finden, wenn nicht diese selbst davon durchdrungen würden. Wir dürfen aber die magnetische Leitung nicht mit der Leitungskraft der Metalle für Elektricität, sondern vielmehr mit der Wirkung der elektrischen Vertheilung vergleichen.

Eine besondere Wirkung des Eisens auf den Magnet ist noch folgende: wenn man ein Eisenblech wie eine Wand zwischen zwei Magnetnadeln stellt, so daß die beiden Nadeln an die Flächen des Eisens gränzen, und nur durch die

Dicke des Bleches von einander getrennt sind, wird die Wirkung der beiden Nadeln so sehr geschwächt, daß es ist, als ob sie gar nicht magnetisch wären, und bleiben sie einige Zeit lang unter diesen Verhältnißen, so können sie ihre magnetische Kraft gänzlich verlieren. Hier scheint also die Fläche des Eisens die magnetische Kraft gänzlich zurück zudrängen, oder ihr eine andere Richtung zu geben.

Wird aber das Eisenblech nach der Breite oder nach der Länge zwischen die beiden Magnete gebracht, daß diese die Kanten des Bleches berühren, so hindert es die magnetische Einwirkung nicht allein nicht, sondern befördert sie sehr auffallend.

Die Wärme steht gleichfalls zum Magnetismus in einem merkwürdigen Verhältniße. Schon durchs Erwärmen wird die magnetische Kraft des Stahls geschwächt; und in der Glühhitze verliert sowohl der natürliche als künstliche Magnet seine Kraft völlig. Auch wird glühendes Eisen vom Magnete nicht angezogen, sobald es aber zu glühen aufhört, wirkt es wieder wie zuvor auf den Magnet. Hr. von Yelin hat die merkwürdige Beobachtung gemacht, daß rothglühendes Eisen zum Magnete wird, wenn man es in der Richtung von N. S. aus dem Feuer nimmt.

4) Wird ein Magnetstab durch Schnittflächen, die senkrecht auf seine Axe geführt werden, in mehrere Stücke zerschnitten, so zeigt iedes Stück wieder zwei Pole, nur von geringerer Wirksamkeit.

5) In der Mitte zwischen zwei magnetischen Polen ist der Indifferenzpunkt, wo keine magnetische Wirkung statt findet; gegen die beiden Pole nimmt die Wirksamkeit zu, und erreicht ihr Maximum in den Polen selbst. Dieses läßt sich durch verschiedene Versuche zeigen: wenn man z. B. einen Magnetstab auf Eisenspäne wirken läßt, so daß letztere

angezogen werden, so legen sie sich an beiden Polen nicht nur unmittelbar an, sondern die Eisenfeilspäne selbst ordnen sich polarisch an einander und bilden bei einem kräftigen Magnete ziemlich lange Linien, welche bartförmig herabhängen, weil jedes Eisentheilchen in der Wirkungssphäre des Magnets selbst magnetische Polarität besitzt, diese Linien gehen nur in der Richtung der magnetischen Axe gerade aus, die übrigen mehr seitwärts stehenden bilden durch die Einwirkung der entgegengesetzten Pole des Magnets auswärts gehende krumme Linien, welche gegen den Indifferenzpunkt zu, wo sich kein Eisen anhängt, immer kürzer werden und in der Mitte kreisförmig über den Indifferenzpunkt weggehen (Fig. 129.)

§. 170.

Elektromagnetismus. Es ist schon öfters beobachtet worden, daß Stahl vom Blitze getroffen zum Magnete wurde, und daß Magnete aus derselben Ursache ihre Pole umtauschten; auch hat Wilson gezeigt, daß der elektrische Funke von der Maschine gleichfalls im Stande sey, Stahlnadeln magnetisch zu machen. Im Jahr 1804 bemerkte Romagnesi, daß die Voltaische Säule dieselbe Kraft besitze; und i. J. 1820 machte Oersted die wichtige Entdeckung, daß eine Voltaische Säule, deren Pole mit Draht in Verbindung gesetzt sind, am Schließungsdrahte, solange als entgegengesetzte Elektricitäten sich darin begegnen, selbst magnetisch sey, und zwar in der Art, daß die Pole dieses neuen Magnets nicht an den beiden Enden des Drahts, sondern an jedem Punkte seines Umkreises sich befinden, und nach entgegengesetzten Richtungen wirken, und zwar so, daß der Leitungsdraht, wenn er sich in der Richtung des magnetischen Meridians befindet, im Stande ist eine von unten

oder von oben genäherte Magnetnadel seitwärts abzulenken, indem der Einfluß des Erdmagnetismus auf dieselbe überwunden wird.

Diese Entdeckung wurde sogleich von vielen ausgezeichneten Physikern weiter verfolgt, und mit einer Menge anderer Entdeckungen verknüpft, so daß wir jetzt schon über die verschiedenen Umstände und Verhältniße der magnetischen Wirksamkeit der Voltaischen Säule sehr umfassende Kenntnisse besitzen.

Es zeigte sich bald, daß die Voltaische Säule nur in so ferne Magnetismus erregt, als sie eine elektrochemische Kette ist, und daß man auch an einer einfachen elektrochemischen Kette die magnetische Wirkung beobachten kann, wenn nur die Menge der davon erregten Elektricität hinreichend groß ist, während eine trockne Säule von bedeutender elektrischer Spannung, so wie auch die Elektrisir-Maschine entweder gar nicht, oder nur insoferne sie chemische Wirksamkeit besitzt, Magnetismus erzeugt. Der Inbegriff aller elektrisch-magnetischen Erscheinungen wird Elektromagnetismus genannt.

Wenn man eine elektrochemische Kette mit einem dünnen Drahte, gleichviel von welchem Metalle, so schließt, daß der Draht die Richtung des magnetischen Meridians hat, und wenn man dann unter diesen Leitungsdraht eine Magnetnadel in paralleler Richtung bringt, so wird sie sogleich mit dem Nordpole rechts, also westlich, abgeleitet, und zwar so, daß sie sich, wenn die elektrochemische Kraft hinreichend groß und die Nadel sehr empfindlich ist, mit dem Leitungsdraht in einen rechten Winkel stellt, oder gar im Kreise herum schwingt. Bringt man die Magnetnadel über den Leitungsdraht, so wird das Nordende derselben links, also östlich und zwar mit gleicher Stärke abgeleitet. Dasselbe

erfolgt auch, wenn der Schließungsdraht durch Glas, Harz, Holz u. s. w. von der Nadel geschieden ist, woraus man sieht, daß hier nicht die Elektricität als solche, sondern wirkliche magnetische Kraft wirkt, und zwar von der Peripherie des Leitungsdrahtes aus nach entgegengesetzter Richtung. Diese transversalgehende Wirkung bleibt immer dieselbe, welche Lage gegen die Weltgegenden man auch der elektrischen Kette geben mag.

Man hat gefunden, daß die magnetische Wirkung des Schließungsdrahtes proportional der Menge der durch einen gegebenen Raum strömenden Elektricität ist, daß demnach die Dicke und Leitungskraft des Drahtes mit der Wirksamkeit der elektrischen Kette in einem zweckmäßigen Verhältniße stehen muß, denn ist die Menge der erregten Elektricität nur geringe, dann wird ein dicker Schließungsdraht auf die Magnetnadel nur unmerklich wirken, ist hingegen die Menge der erregten Elektricität sehr beträchtlich, dann kann ein zu feiner Draht eine zu geringe Capacität haben, um alle Elektricität in Magnetismus zu verwandeln.

Die Gestalt des Entladers hat übrigens auf die magnetische Wirkung keinen wesentlichen Einfluß, man kann mit einem Metallstreifen oder einem vierkantigen Stabe dasselbe hervorbringen, wie mit einem cylindrischen Drahte.

Aus allen bisherigen Versuchen geht hervor, daß die im Schließungsdrathe von entgegengesetzten Richtungen her sich begegnenden + E und — E aufhören elektrisch zu wirken, und n M und s M erzeugen, welche am Umkreise des Entladers nach entgegengesetzten Richtungen wirken, und im stande sind die Kraft des Erdmagnetismus zu überwinden. Ob aber den elektrischen und magnetischen Erscheinungen dieselben Principien zum Grunde liegen, und nur in anderer Verbindung und Bewegung erscheinen, oder ob Elektri-

cität und Magnetismus nicht nur der Form und Bewegung, sondern auch den Elementen nach verschieden sind? Diese Fragen müßen wir gegenwärtig noch unbeantwortet lassen. Nur so viel wissen wir bestimmt, daß durchs Verschwinden des elektrischen Gegensatzes im Entladungsdrahte, ein magnetischer Gegensatz erzeugt werde, und zwar so, daß der Entlader, er mag von Kupfer, Messing, Zinn, Silber, Gold, Platin, oder von einem andern Metalle seyn, so lange er im elektrischen Wirkungskreise bleibt, ein Transversalmagnet ist, mithin als solcher nicht nur auf die Magnetnadel, sondern auch auf Eisen und Stahl magnetisirend wirkt. Zu den lehrreichsten elektromagnetischen Versuchen gehören folgende:

Nähert man dem Schließungsdrahte Eisenfeilspäne, so richten sie sich auf, und legen sich um denselben an, und zwar so, daß sie sich, wenn der Draht eine horizontale Lage hat, in parallellen perpendiculär auf dem Längedurchmesser des Drahtes stehenden Linien anordnen; wenn aber der Draht eine verticale Richtung hat, so legen sich die Eisenfeilspäne in concentrischen Ringen um denselben an.

Befestigt man am Schließungsdrahte Stahlnadeln in paralleler Richtung, so verhalten sie sich mit demselben wie Transversalmagnete, aber nur so lange als die elektrische Entladung währt. Befestigt man aber die Stahlnadeln nach der Quere am Entladungsdrahte, so werden sie zu Magneten, welche ihre Pole an den Enden haben, und auch nach Aufhebung der elektrischen Einwirkung magnetisch bleiben. Dasselbe ist auch der Fall, wenn die Nadeln durch dicke Glastafeln vom Schließungsdrahte getrennt sind. Steht der Leitungsdraht von Osten nach Westen, so haben die Stahlnadeln unter demselben den Nordpol nach Süden; die

Nadeln hingegen über dem Entladungsdrahte haben den Nordpol nach Norden.

Platin, Gold, Silber, Kupfer, Zinn und andere Metalle auf gleiche Weise mit dem Entladungsdrahte in Communication gesetzt, werden gleichfalls magnetisch und ziehen Eisenfeilspäne an, so lange die elektrische Einwirkung währt, zeigen aber nicht die Pole an den Enden wie die Stahlnadeln, und hören wieder auf magnetisch zu seyn, so bald die elektrische Entladung aufgehoben wird. Der Stahl unterscheidet sich also vom Eisen und von andern Metallen in magnetischer Hinsicht hauptsächlich dadurch, daß er im Stande ist s M und n M in sich selbst zu isoliren, während die letztern dies nur durch Mitwirkung eines Magnets, oder der Elektricität, oder — wie wir gleich nachher sehen werden — der Wärme vermögen.

Der Transversalmagnetismus scheint den Entladungsdraht in entgegengesetzten Richtungen zu umkreisen, wenigstens sind die durch denselben bewirkten mechanischen Bewegungen von der Art, daß sie sich durch diese Annahme am einfachsten erklären lassen.

Schon im Jahr 1808 hat Erman gefunden, daß Queckfilber, welches mit einer dünnen Schicht Wasser bedeckt ist, in eine kreisende Bewegung geräth, wenn durch dasselbe die Voltaische Säule entladen wird; und daß, wenn das Queckfilber mit einer dünnen Schicht concentrirter Schwefelsäure oder mit einer Auflösung von kohlensaurem Kali bedeckt ist, diese Flüssigkeiten gleichfalls in eine rotirende Bewegung gerathen, sobald durch sie die Entladung der Voltaischen Säule geschieht. Wenn man, wie Humphry Davy nachher gefunden hat, die Schließungsdrähte der Voltaischen Säule senkrecht in Queckfilber taucht, und hierauf den Pol eines kräftigen Magnets nähert, so dreht sich

das Queckſilber um den in der Nähe des Magnetpols befindlichen Schließungsdraht wie um eine Axe, und die Schnelligkeit der Drehung nimmt zu, wenn man die entgegengeſetzten Pole zweier Magnete der untern und der obern Queckſilberfläche nähert. Werden die Schließungsdrähte 3 Zoll voneinander in den Boden eines gläſernen Beckens eingekittet, dann mit etwas Queckſilber bedeckt, ſo erhebt ſich dieſes über die Drahtenden in Geſtalt kleiner Kegel, von welchen nach allen Seiten Wellen ausgehen, ſobald durch die Drähte eine Voltaiſche Säule entladen wird. Hält man dann einen Magnetpol über den Queckſilberkegel, ſo verkürzt ſich derſelbe, ſeine Grundfläche erweitert ſich, und die wellenförmige Bewegung nimmt ab; wird der Magnetpol bis auf einen halben Zoll genähert, ſo vertieft ſich das Queckſilber noch mehr, und es entſteht eine hohlkegelförmige Wirbelbewegung. Davy überzeugte ſich, daß die erregte Wärme auf dieſe Bewegung keinen Einfluß habe.

Dieſe Erſcheinungen müßen von ſelbſt auf die Möglichkeit eines elektromagnetiſchen Drehapparats führen, wie dieſe auch wirklich von Ampère, Faraday, Barlow und Sturgeon erfunden worden ſind.

Schon i. J. 1820 zeigte Ampère, daß, wenn man die Leitungsdrähte a b (Fig. 127.) mit Schüßelchen c d verſieht, in welchen ſich Queckſilber befindet, ein mit ſeinen Enden in dem Queckſilber c d ſchwimmender Meſſingdraht m m m ſich von ſelbſt in den magnetiſchen Meridian dreht, ſobald durch dieſen Apparat eine elektrochemiſche Kette entladen wird.

Befinden ſich zwei ſolche bewegliche Drähte, welche die Elektricität nach gleicher Richtung leiten, neben- oder über einander, ſo ziehen ſie ſich an, wie Magnete, welche mit ungleichnamigen Polen einander genähert werden; leiten aber die beweglichen Drähte die Elektricität nach entgegen-

gesetzter Richtung, so stoßen sie sich ab. Wird einem solchen beweglichen Schließungsdrahte ein Magnet genähert, so wird ersterer von demselben Pole nach einer Seite angezogen und auf der andern abgestoßen. Wird durch die Axe eines beweglichen Magnets die elektrische Entladung geleitet, so dreht er sich um seine Axe, so lange der elektrische Strom fortfährt. Ist hingegen der Magnet fest, und irgend ein Theil der übrigen Leitung beweglich, so dreht sich, durch den Einfluß des Magnets, der bewegliche Leiter um seine Axe.

Wenn der Entladungsdraht von einem Pole der Voltaischen Säule in vertikaler Richtung herabgeht und unten in ein mit Queckfilber gefülltes Gefäß endigt, welches mit dem andern Pole der Säule in leitender Verbindung steht, und wenn ein leichter Magnet, z. B. eine magnetisirte Nähnadel an dem einen Ende durch ein kleines Stück eines darum gewundenen Platindraths beschwert wird, so daß er etwas in das Queckfilber hineinsinkt und eine senkrechte Stellung annimmt, während er seinen einen Pol nach aufwärts wendet, so fängt dieser Magnet, sobald die Verbindung zwischen den beiden elektrischen Metallen hergestellt ist, an, rund um den Entladungsdraht zu gehen; und diese Bewegung dauert so lange, als die elektrische Entladung währt. Kommt die positive El. von oben, und ist der nach oben gewendete Pol der Nadel n M, so geht er von der rechten zur linken; wird aber der Pol der Magnetnadel, oder die Richtung der Elektricität in dem Entladungsdrathe verändert, so geht er von der linken zur rechten Seite. Ist der Magnet unbeweglich vertikal in das Queckfilber befestigt, der Draht aber beweglich, so schwingt sich dieser nach denselben Gesetzen rund um den Magnet herum. Diese artigen und leicht anzustellenden Versuche wurden nebst mehrern andern von Faraday bekannt gemacht.

Ein anderer elektromagnetischer Drehapparat, wo um jeden Pol eines Hufeisenmagnets eine einfache elektrochemische Kette herumkreiset (Fig. 130.), wurde von W. Sturgeon bekannt gemacht.

Stellen wir uns vor, der Entladungsdraht sey von unendlich kleinen Magneten umgeben, die mit ihren ungleichnamigen Polen an einander gelegt sind, so daß die Linie, welche ihre Pole verbindet, mit der Richtung der elektrischen Strömung rechte Winkel bildet, so müßen die polarischen Kräfte überall, bei gleichen Abstande vom Mittelpunkte des Leiters gleich, und auf eine solche Weise wirken, daß der Nordpol der Magnetnadel oberhalb des horizontalen Leiters nach rechts sich wendet und unterhalb desselben nach links in Beziehung auf die Richtung, nach welcher die positive Elektricität geht, was sich leicht finden läßt, wenn man die Magnetnadel in derselben Stellung und mit der nämlichen Seite gegen den Leitungsdraht gekehrt, rings um denselben herumführt. Da nun gleichnamige M M einander abstoßen und ungleichnamige einander anziehen, so müßen von jedem Punkte des Leitungsdrahtes aus entgegengesetzte transversale Strömungen entstehen, aus welchen sich die angegebenen Erscheinungen wohl erklären lassen. Es sey a (Fig. 126.) der Durchschnitt des Entladers, und n und s seyen die Richtungen, nach welchen die entgegengesetzten maguetischen Potenzen anziehen und abstoßen, so muß nothwendig ein naher beweglicher Magnet dieser Bewegung folgen, und nach der einen oder andern Richtung, je nachdem der Nordpol oben oder unten ist um den Entlader herumkreisen.

Daraus läßt sich auch zum Voraus sagen, was geschehen wird, wenn man einen spiralförmig, oder in Schraubengängen, gewundenen Draht als Entlader anwendet?

In diesem Falle müßen nämlich die vom Umkreise des Drahtes ausgehenden magnetischen Wirkungen eine Längenrichtung bekommen, gerade als ob in der Centrallinie der Spirale ein Magnet läge, weil bei den schraubenförmigen Windungen immer nur eine Seite nach innen liegt, wodurch alle Theile der innern Seite der Spirale ihre magnetische Polarität nach derselben Richtung hin gewendet bekommen. Dieses hat Arago zuerst durch Versuche bestätigt, indem er fand, daß eine mit Draht spiralförmig umwundene Stahlnadel durch elektrische Entladung zum Magnete wurde; selbst mit der Maschienen-Elektricität war er auf diese Weise im stande Stahlnadeln zu magnetisiren. Dasselbe erfolgt auch, wenn man die Nadeln in eine Glasröhre steckt, welche von Außen mit dem Leitungsdrahte umwunden ist. Wenn der vom positivelektrischen Pole ausgehende Draht so gewunden wird, daß die erste Windung nach rechts in Beziehung auf die obere Seite der entstehenden Spirale gemacht wird, so wird das dem positiven Pol der Säule zugewendete Ende der Spirale polarisch mit n M, und wenn sich die Spirale nach links wendet, erhält dieses Ende s M während das entgegengesetzte Ende der Spirale in beiden Fällen die entgegengesetzte magnetische Polarität erhält. Daher kömmt es auch, daß sich ein sehr feiner spiralförmig gewundener Draht von selbst in den magnetischen Meridian stellt, wenn man das eine Ende desselben mit einer Zinkscheibe, und das andere mit einer Kupferscheibe verbindet, und das Ganze auf einen Kork befestigt, auf einer verdünnten Säure schwimmen läßt, dergestalt, daß die Scheiben, aber nicht der Draht davon benetzt werden. Wird der Schließungsdraht erst links, dann rechts, und dann wieder links schraubenförmig gewunden, so verwandelt sich die Stahlnadel in der Axe dieser Spirale in 3 Magnete mit aneinander liegenden ungleichen Polen.

Biegt man aber den Leitungsdraht abwechselnd hin und her, so ist er nicht im Stande Stahlnadeln zu magnetisiren.

Schweigger und Poggendorf haben einen elektromagnetischen Condensator, oder Multiplicator, erfunden, welcher vortrefliche Dienste leistet, um auch eine geringe Menge von Elektricität an der Magnetnadel bemerklich zu machen. Wenn man nämlich einen feinen Messingdraht mit einem Nichtleiter umgiebt, und ihn in mehrfachen Windungen ringförmig zusammenwickelt, hierauf mit dem einen Drahtende den positiven und mit dem andern den negativen Pol einer elektrochemischen, oder thermoelektrischen Kette in leitende Verbindung setzt, so durchläuft die Elektricität den Draht der ganzen Länge nach, und verstärkt so die magnetische Wirkung ganz außerordentlich. Am besten ist hiezu ein mit Seide umsponnener Messingdraht von etwa $\frac{1}{10}$ Linie Dicke, den man kreisförmig, etwa um die Hand, dicht auf und neben einander in gedrängten Windungen aufwickelt, doch so daß die beiden Drahtenden frei herausstehen, und mit den beiden Factoren der elektrischen Kette in Verbindung gesetzt werden können. Dieser Ring von 40 bis 100 und mehr Gewinden wird mit Seidenfaden fest geschnürt dann zu einer elliptisch länglichen Form zusammengedrückt, so daß sich eine darin aufgehängte Magnetnadel ohne anzustoßen herumbewegen kann. Wenn dieser Condensator von der Größe ist, daß er in einer vertikalen Ebene über und unter der Nadel in einem Abstande von 2 Linien herum geht, so verstärkt er die magnetische Wirkung der Elektricität so sehr, daß ein einziges Plattenpaar von 4 Quadratlinien Oberfläche die Nadel zu einer Abweichung von 20 bis 30° bringt. Ja ich habe gefunden, daß eine feine Magnetnadel schnell im Kreise herumgetrieben wird, wenn

man mit dem Condensator eine mäßig starke Voltaische Säule schließt.

Merkwürdig ist es, daß, obgleich Glühhitze den Magnetismus des Stahls zerstört, dessen ungeachtet der durch die Wirkung der Elektricität glühend gewordene Entladungsdraht im hohen Grade magnetisch ist, und die Fähigkeit Stahl zu magnetisiren besitzt, ja daß hier der hervorgebrachte Magnetismus mit dem Grade der Hitze zuzunehmen scheint. Uebrigens steht die Intensität des Magnetismus im umgekehrten Verhältniße des Abstandes von der Axe des Entladers. Bei einer einfachen galvanischen Kette, wo jede der beiden Metallflächen ungefähr 107 Quadratfuß betrug, fand Seebeck noch in 10 Fuß Abstand vom Entlader deutliche Einwirkung auf die Magnetnadel.

Da sich die magnetische Eigenschaft des Entladers nach der Quantität der von ihm aufgenommenen Elektricität richtet, so muß nothwendig auch die ungleiche Leitungskraft verschiedener Metalle einen merklichen Einfluß haben; daher zeigen, nach Humphry Davys Versuchen, Körper, welche die Elektricität weniger gut leiten als die Metalle, z. B. Kohle, Kalihydrat ꝛc., wenn sie als Entlader der Voltaischen Säule gebraucht werden, keine magnetische Wirkung. Daher kömmt es auch, daß die magnetische Wirkung des Schließungsdrahtes vernichtet wird, wenn man die Leitung durch eine Flüssigkeit unterbricht; nur eine sehr bedeutende Menge von El. ist im Stande ein solches Hinderniß zu überwinden.

Aus allen diesen Versuchen*) geht nun hervor, daß in

---

*) Seit d. J. 1820 sind alle Bände von Gilberts Annalen und Schweiggers Journal, voll von elektromagnetischen Versuchen, Entdeckungen und Theorien. Da hier nur der Zweck ist, deut-

der geschlossenen elektrochemischen Kette die Elektricität zwar aufhört elektrische Polarität zu besitzen, daß sie aber zwei neue Erscheinungen hervorruft, nämlich Wärme und magnetische Polarität. Daß Licht und Wärme durch Vereinigung von + E und — E erzeugt werden, war schon lange bekannt, daß sie aber auch im Stande ist, Magnetismus zu erzeugen, dieses ist neu.

§. 171.

Thermomagnetismus. Wenn man, wie Seebeck zuerst gefunden hat, einen Stab oder Ring von Wismuth oder Spießglanz, oder Zink auf einer Seite erhitzt und in der Richtung des magnetischen Meridians auf eine empfindliche Magnetnadel wirken läßt, so wird diese unter verschiedenen Umständen bald nach rechts bald nach links aus ihrem Meridian abgelenkt, woraus sich ergiebt, daß das ungleich erwärmte Metall als Transversalmagnet wirkt, und den Erdmagnetismus eben so zu überwinden im Stande ist, wie der Entladungsdraht einer Voltaischen Säule. Hier wird also ein nicht magnetisches Metall durch ungleiche Erwärmung zum Magnete. Noch auffallender ist der Erfolg, wenn man das Metall auf einer Seite erwärmt und auf der andern erkältet. Dasselbe ist der Fall, wenn zwei verschiedene Metalle mit einander in Verbindung gesetzt und ungleich erwärmt werden. Diesen durch Wärmedifferenz erregten

---

liche Begriffe von den physikalischen Erscheinungen zu geben, so halte ich es für überflüßig, noch mehr ins Einzelne zu gehen, oder die erschienenen Abhandlungen zu citiren. Dasselbe gilt auch von Elektricität, Galvanismus und Magnetismus. Wer sich ausführlicher unterrichten will, muß nothwendig die genannten Zeitschriften benützen, und wird dann die einzelnen Abhandlungen leicht selbst finden können.

Magnetismus nennen wir Thermomagnetismus. Hr. v. Yelin, dem wir eine sehr lehrreiche Reihe von Versuchen darüber verdanken, fand, daß alle Metalle ohne Ausnahme, sobald sie an zwei Seiten ungleichen Temperatur-Graden ausgesetzt sind, zu Magnetomotoren werden, und zwar verhältnißmäßig desto stärker, je größer an beiden Stellen ihre Wärmedifferenz ist.

Unter allen Metallen zeigt das Wismuth die thermomagnetische Eigenschaft am stärksten; Spießglanz und Zink stehen demselben in dieser Hinsicht am nächsten; Zinn und Blei sind nach Hrn. v. Yelin die schwächsten Magnetomotoren, und zwar so, daß die thermomagnetische Reihe der bisher versuchten Metalle folgende zu seyn scheint: Wismuth, Spießglanz, Zink, Silber, Platin, Messing, Gold, Zinn, Blei. Auffallend ist es hierbei, daß gerade diejenigen Metalle, welche sich durch ihr krystallinisches Gefüge auszeichnen, die stärksten Magnetomotoren sind, während diejenigen Metalle, welchen diese krystallinische Struktur am meisten mangelt, nur schwach auf die Magnetnadel wirken, wenn sie ungleich erwärmt werden. Es scheint also, daß die Polarität des krystallinischen Gefüges einen wesentlichen Einfluß auf die magnetomotorische Eigenschaft der Metalle habe. (Vergl. §. 165.)

Die thermomagnetische Eigenschaft der Metalle steht mit den elektrochemischen, elektromagnetischen und krystallelektrischen Erscheinungen in innigster Verkettung; man braucht z. B. nur einen Metallstreifen auf einer Seite in eine Säure oder in ein Alkali einzutauchen, und auf der andern mittelst des elektromagnetischen Condensators auf die Magnetnadel wirken zu lassen, um eine bedeutende Abweichung der Magnetnadel zu beobachten; man hat also, wie Hr. v. Ye-

lin, van Beek u. A. gefunden haben, durchaus keine dreigliedrige galvanische Kette nöthig, um Metalle magnetisch zu machen. Ja, Ampère hat sich sogar überzeugt, daß auch nichtmetallische Körper die Eigenschaft bekommen, auf die Magnetnadel zu wirken, wenn sie einige Zeit lang im Kreise des Schweiggerschen Condensators dem Einfluße der geschlossenen Voltaischen Säule ausgesetzt bleiben.

Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus und Chemismus stehen also in so innigem Zusammenhange, daß wir uns über die in verschiedenen Gegenden, Jahres- und Tageszeiten so abweichenden Erscheinungen des Erdmagnetismus gar nicht mehr wundern dürfen. Die Erde ist nämlich durch die ungleiche Einwirkung der Sonne, durch die Temperatur-Differenz zwischen den Aequator- und Polargegenden und der Tag- und Nachtseite ein großer Thermomagnet, in welchem wahrscheinlich in verschiedenen Gegenden durch den Einfluß der unterirdischen Metalle, des Schwefels, des Wassers ꝛc. wieder besondere natürliche elektrochemische Ketten existiren, welche wieder ihre besondere Einwirkung auf die Magnetnadel ausüben.

Obgleich nun Elektricität und Magnetismus Erscheinungen sind, welche von denselben Grundkräften auszugehen scheinen, und durch geringe Modificationen leicht in einander übergehen, so sind sie als Erscheinung doch wesentlich von einander verschieden, und durchaus nicht identisch, was sich aus dem vorgetragenen von selbst ergiebt. Die Elektricität läßt sich durch Nichtleiter isoliren, läßt sich entladen, und ist nicht im Stande durch verschiedene Körper hindurch zu wirken. Der Magnetismus hingegen wirkt durch elektrische Leiter und Nichtleiter hindurch gleichgut, wie durch Vertheilung, er läßt sich nur durch gewiße Verbindungen des Eisens, durch Nickel und Kobalt auf eine eigene Weise isoliren, weßhalb die magnetische Atmo-

sphäre viel weiter reicht als die elektrische, und durch alle Stoffe geht, sie mögen fest, tropfbar oder elastisch seyn. Auch läßt sich der Magnetismus nicht entladen; wenn man also eine Stahlnadel durchs Streichen mit einem Magnete magnetisch macht, so verliert der Magnet nichts an seiner Kraft, ja er nimmt vielmehr daran zu, die Nadel wird also nur dadurch zum Magnete, daß die darin ruhenden Potenzen aufgeweckt, und in einen polarischen Zustand versetzt werden; und wenn sie wieder aufhört polarisch zu wirken, so geschieht dieß nie dadurch, daß ihr Magnetismus von andern Körpern entzogen wird, sondern die magnetische Kraft tritt nur von den Polen zurück und wird wieder neutral.

§. 172.

Elektricität und Magnetismus in physiologischer Beziehung. Die Potenzen, welche die Erscheinungen von Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus bewirken, sind so allgemein verbreitet und so fest mit den wägbaren Stoffen verkettet, daß es durchaus keinem Zweifel unterliegt, daß auch Thiere und Pflanzen davon durchdrungen sind, und von elektrischen und magnetischen Veränderungen afficirt werden. Die Untersuchung dieses Gegenstandes gehört in die Physiologie. Nur so viel soll hier noch bemerkt werden, daß die Nerven sehr gute Leiter für die galvanische Elektricität sind, und davon stark afficirt werden (§. 161.); ja man hat gefunden, daß entzweigeschnittene Nerven durch zweckmäßige Verbindung mit der Voltaischen Kette noch eine Zeitlang ihre natürlichen Funktionen fortsetzen können. In dieser Beziehung finden wir wieder einen merkwürdigen Unterschied zwischen Reibungs-Elektricität und Galvanismus; die Wirkung der erstern ist mehr oberflächlich, mechanisch erschütternd, jene der letztern geht tiefer, und bewirkt heftige Muskelcontrac-

tionen. Wenn man einen geladenen Conduktor, oder eine Verstärkungsflasche, mit trocknen Händen entladet, so empfängt man einen stärkern elektrischen Schlag, als wenn die Hände befeuchtet sind. Eine Voltaische Säule hingegen kann man an den Polen mit trocknen Händen berühren, ohne eine unangenehme Wirkung zu erfahren, sind aber die Hände mit Wasser oder noch besser mit Salzauflösung benetzt, so empfindet man sogleich eine krampfhafte Erschütterung in den Muskeln, welche, wenn die Säule kräftig ist, bis an die Brust geht. Je größer die Berührungsfläche ist, desto heftiger empfindet man die Erschütterung; wenn man z. B. mit den benetzten Händen zwei Metallplatten packt und diese an die beiden Pole bringt, oder noch mehr, wenn man die Poldrähte in Salmiakauflösung leitet, und dann die Hände eintaucht, so ist die Wirkung am stärksten. Daß die Erschütterung des Nervensystems, welche mit der elektrischen Entladung verbunden ist, tödtlich seyn kann, ist bekannt. Auch Vegetabilien können durch Entladung einer elektrischen Batterie getödtet werden (Nasse).

Zu den größten elektrischen Merkwürdigkeiten gehören unstreitig diejenigen Fische, welche mit besondern elektrischen Organen begabt sind, die sie mittelst eigener Nerven willkührlich laden können, um elektrische Schläge zu ertheilen. Diese Fische sind: Torpedo unimaculata, T. marmorata, Silurus electricus, Gymnotus electricus und Tetraodon electricus.

Die elektrischen Organe dieser Fische liegen mehr an der Oberfläche des Körpers, und haben sehr starke Nerven. Wenn der Nervenstrang, welcher zu diesen Organen geht, entzweigeschnitten wird, so stirbt zwar der Fisch nicht sogleich, allein er besitzt nicht mehr seine elektrische Kraft. Legt man einen solchen Fisch in eine metallene Schüssel,

welche mit der Erde in leitender Verbindung steht, so hat er gleichfalls die Fähigkeit, elektrische Schläge zu ertheilen, verloren. Die elektrische Kraft dieser Thiere verschwindet mit der Lebenskraft.

Die Wirkung des Magnetismus auf lebende Körper ist weit schwächer und noch weniger untersucht, als die der Elektricität; sie muß auch unmerklicher seyn, weil sich der Magnetismus nicht auf die Weise entladen, fortleiten und mittheilen läßt, wie die Elektricität; und weil die organischen Körper keine so guten Magnetomotoren sind, wie die Metalle.

Was man Lebensmagnetismus, oder thierischen Magnetismus oder Mesmerismus, nennt, ist ein besonderes Spiel der Nervenkraft, vielleicht eine Umkehrung derjenigen Pole wodurch der lebende Organismus mit der Außenwelt im Wirkungskreise steht, und so zu sagen aus sich selbst heraustritt. Ob und in wieferne diese physiologische Erscheinung mit den Principien des physischen Magnetismus im Zusammenhange steht, wissen wir nicht.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Verbesserungen.

				Fehler.	Verbesserung.
Seite	9	Zeile	8 v. o.	Aggregatzuständen über	— Aggregatzuständen, über
—	15	—	2 —	Pendelschwingungen wor-	— Pendelschwingungen, wor-
—	16	—	8 v. u.	an, auch	— an. Auch
—	18	—	12 —	gebrauchen um	— gebrauchen, um
—	—	—	13 —	war von	— war, von
—	20	—	15 —	fagen	— fagen,
—	22	—	7 —	Arronay	— Annonay
—	26	—	4 v. o.	Rire	— Rive
—	32	—	5 bis 8 v. u.	wegzustreichen.	
—	33	—	1 bis 6 v. o.	wegzustreichen.	
—	49	—	7 v. o.	Maaß; für	— Maaß für
—	79	—	13 v. u.	mannichfaltigen	— mannichfaltigem
—	91	—	3 —	Glastropfen, an der	— Glastropfen an, der
—	95	—	12 v. o.	brauche noch	— brauche im Wasser noch
—	101	—	8 —	13	— 12
—	101	—	11 —	52	— 51
—	104	—	3 —	erreichen	— ereignen
—	110	—	6 —	*)	— **)
—	111	—	6 —	heißen	— heißen auch
—	113	—	7 —	fest	— fast
—	120	—	8 v. u.	kann von	— kann, von
—	121	—	5 —	ferner die	— ferner, die
—	129	—	2 v. o.	fest	— fast
—	137	—	8 —	60°	— 90°
—	137	—	5 v. u.	c d p	— c d k
—	143	—	5 —	(§§. 71—74.)	— (§§. 72—75.)
—	150	—	10 v. o.	Ecken e i m s	— Ecken (Fig. 15.) e i m s
—	158	—	4 —	(§. 111.	— (§. 112.)
—	160	—	12 v. u.	Seiten-	— Seiden
—	173	—	8 —	ihn sich	— ihn, sich
—	186	—	13 v. o.	d b e	— d b c
—	187	—	12 v. u.	(Friction.	— (Friction).
—	191	—	4 —	wollen. Die	— wollen; die
—	192	—	13 v. o.	wie die das	— wie das
—	195	—	14 —	übergetrieben.	— übergetrieben,
—	209	—	3 —	eingeschlossenen	— geschlossenen
—	—	—	10 —	zunimmt	— zunehmen.
—	220	—	1 v. u.	Gilb. Anm.	— Gilb. Ann.
—	221	—	2. 3. 6 u. 7 u.	die folg. Seiten Sperung	— Sperrung
—	222	—	2 v. u.	phärischer	— sphärischer

	Fehler.		Verbesserung.
Seite 222	Zeile 3 v. u.	atmos=	— atmo=
— 224	— 13 v. o.	Glocke auf	— Glocke leicht auf
— 225	— 6 —	unverzinnten	— unverzinntem
— —	— 7 —	getriebenen genieteten	— getriebe= nem genietetem
— —	— 13 v. u.	bloſen	— bloß
— 226	— 4 v. o.	gepreßten	— gepreßtem
— 231	— 1 v. u.	wird ſo	— wird, ſo
— —	— 2 —	Luftdunſt	— Luft, Dunſt
— 258	— 3 —	kleinen	— Kleinen
— 259	— 12 —	kohlenerzeugt	— kohlen erzeugt
— 262	— 8 v. o.	kömmt der	— kömmt, der
— 279	— 17 —	Fig. 90	— Fig. 90 B
— 283	— 12 v. u.	des letztern	— der letztern
— 311	— 8 —	c	— i
— 317	— 13 —	f x g f	— f x, g f
— 319	— 14 v. o.	unüberlegte	— unbelegte
— 323	— 1 v. u.	betrachtet. Z.	— betrachtet, z.
— —	— 4 —	(§. 151.)	— (§. 153.)
— 324	— 1 v. o.	Seitenfaden	— Seidenfaden
— 333	— 2 —	ihn äußersten	— äußersten
— —	— — —	Gegenstan des	— Gegenstandes
— 334	— 4	Presbyostia	— Presbyopia
— 335	— 10 —	Brillen,	— Brillen.
— 349	— 9 v. u.	als ſie Beſtandtheile	— zum Be= ſtandtheil
— —	— — —	oder als	— als
— 350	— 4 —	Luft, kann	— Luft kann
— 351	— 7 —	finden	— finden,
— —	— 12 v. o.	dem	— den
— 380	— 3 —	gen	— gem
— 392	— 8 v. u.	wo doch die	— wo die
— 394	— 5 v. o.	entfernt — E	— entfernt, — E
— 402	— 10 —	Copal oder	— Copal= oder
— 405	— 18 —	Berens	— Behrens
— 413	— 10 —	iſt,	— iſt.
— —	— 6 v. u.	(Zi)	— (Zn)
— 429	— 10 v. o.	Silber und	— Silber= und
— 431	— 8 —	Zi	— Zn
— 436	— 12 —	Haareſchen	— Hareſchen
— 437	— 8 v. u.	+ EE	— $\pm$ EE
— —	— 16 —	Reibung und	— Reibungs= und
— 438	— 8 v. o.	Glas und	— Glas= und
— 442	— 13 v. u.	geht durchs	— geht, durchs
— 445	— 3 v. o.	Drahtende	— Drahtenden
— 448	— 10 v. u.	deßhagl	— deßhalb

...er.

...Linien, einem allgemein

beka...

...es) eingetheilt. Eine Toise

hält ...

...Meter sind nach dem neuen

Ma...Kilometer und 10000 Meter

gleic... und ein Milimeter gleich

...und gleich 443,295936 Pa-

riser der Fußmaaße in folgender

Tab...

Am...	=	=	=	144 —
Bad...				
	1 =	=	=	110,75
	1 =	=	=	127 —
Bai...	=	=	=	129,5
	1 =	=	=	125,3
	1 =	=	=	125,1
Bas...	=	=	=	117,1
Ber...	=	=	=	150,1
Ber...	=	=	=	139,18
Böh...	=	=	=	99 —
Bra...	=	=	=	110,9
	— =	=	=	238,6
Bre...he	=	=	=	135,1
Cöln	=	=	=	19,71
Dän...	=	=	=	139,13
Dan...	=	=	=	131,58
Dar...	=	=	=	125,3
Dre...	=	=	=	140,12
Engl...				
1 ...				
1 ...	=	=	=	127 —
Fran...	=	=	=	133,6

*

rschiedener Länder.

Es wird in 8 Achtel, das Achtel in 10 Lachden eingetheilt.

		Pariser Fuß.
		Ganze, 10000 Thle.
r	Lachter	5,9270
	—	6,5460
s	—	6,4412
3	—	6,0860
er	—	6,2330
s	—	5,9097
hes	—	5,4830

Zweite Tabelle.

1) Ein
Mil

Tonneach Holländische Assen.

20812820

2081282

Milli-	Holl.
Myriag gramme	= Assen.
10000000	= $208128\frac{1}{5}$
1000000	= $20812\frac{4}{5}$
100000	= $2081\frac{1}{4}$
10000	= $208\frac{1}{8}$
1000	= $20\frac{4}{5}$
100	= 2
10	= 0,2

2) Ei

Assen.

$10202\frac{1}{2}$

3) Ei

B.

nnige.	Grän.	Hellergewicht.
56	288	512
32	36	64
16	18	32
$10\frac{2}{3}$	12	$21\frac{1}{3}$
4	$4\frac{1}{2}$	8
1	$1\frac{1}{8}$	2
	1	$1\frac{7}{9}$

eight).

its = Assen.

200 = 7766

600

480

20

der.

		Beträgt Französ. Grammen.	Holländ. Assen.
Amsterdam		198,8197.	4138
— —		404,8467.	8426
— —		374,8287.	7801,2
— —	2 Unz.	357,6639.	7442,9
Baiern, M	elspf.		
— Har	'	408,9786.	8512
— Apo	k od.		
Berlin, M	.	421,2788.	8768
— Har	k.	375,826.	7822
— Apo		356,3187.	7416
Böhmen,	od.		
Breßlau,	. .	460,8698.	9529
Cöln, Ha	's od.		
— Münz	. .	460,2931.	9580
Ric	z.	345,0276.	7181
Dänemark		238,74.	4969
— —	ssa)	477,494.	9938
England,	sottile)		
gen	. .	302,0253.	6286
— Pfu		405,2279.	8433,9
— Pfu		280,644.	5841
Frankreich		560 012.	11655,4
— a		420.	8741,6
Poi	n	1275,656.	26550
— Mark			
Hamburg,		468,605.	9753
—	od. 36 L.	526,9834.	10968

n Gewichte.

tigen Flüssigkeiten meistens nach dem
Br naltheilen derselben.
1 .rger Apother-Gewicht
—h 290 ⋈ 13,5)
0,1
0,0
1
10(
1 Ş
irnb. Apothekergew.
1 Ş
1 ℌ. Handelsgew.
1 ℔ 198,26 Gran Wiener Gewicht.
1 ℔ 250,67 Gran Wiener Gewicht.

assers auf das königl. baier.

Decimal-Kubikzolle.	halten		
	Unzen	Scrupel	Gran
33	27	5	17,209
34	28	1	13,488
35	28	21	9,767
36	29	17	6,046
37	30	13	2,325
38	31	8	15,604
39	32	4	14,814
40	33	0	11,163
41	33	20	7,442
42	34	16	3,721
43	35	12	0,000
44	36	7	16,279

*

1

Maße.

	Französische Kubikzoll.
	2803
	35

o Quart 1 Quart = 4 Quar=

	7144
	302
	66,151
	9218
	83,8
	115,7
	4956
	3398
	$70\frac{4}{5}$
e	$47\frac{1}{5}$
	1699
m	7230
s Maß	90,375
es Maß	80,333

f. Wein = $1\frac{1}{4}$ Fuder

er = 6 Ohm

m = 20 Viertel

rtel = 4 Maß

ß = 4 Schoppen.

rialiter	$504124\frac{3}{10}$
ctoliter	$5041\frac{1}{4}$
caliter	504
er	50
ciliter	5,041
	7300
	1825

	Französische Kubikzolle.
, Maß	
e vin . . .	13842
Verge, Setier . .	384
uart . . .	96
. . . .	48
e	24
. . . .	3227
. . . .	101
Faß . . .	71,3
hm . . .	7436
= 7⅛ Ohm) . .	62981
. . . .	621
a	77⅗
ß	80½
um = 4 Eimer	
ner = 32 Maß).	
aß	66¼
er	3960
. . . .	1930
. . . .	2852
. . . .	71 $\frac{3}{10}$
aß helle Eich . .	92⅗
imer . . .	14816
uder = 6 Eimer	
mer = 16 Imi	
ni = 10 Maß.)	
. . . .	92
(= 60 Maß) . .	5520
(= 1½ Eimer) . .	8280

dener fester Körper.

Opal 1,700 bis	2,114
Kalkspath	2,714
Gyps	1,875
Schwefel, natürl. 1,800 bis	2,033
Bernstein 1,065 bis	1,085
Steinkohle 1,232 bis	1,429
Graphit 1,000 bis	2,245

Organische Produkte.

Perlen	2,750
Korallen	2,690
Elfenbein 1,825 bis	1,917
Arab. Gummi	1,450
Traganth	1,316
Guajakharz	1,228
Jalappenharz	1,218
Kopal	1,139
Tannenharz	1,072
Sandrak	1,092
Buchsbaumholz	1,330
Ebenholz	1,209
Eichenholz	0,170
Mahagonyholz	1,063
Buchenholz 0,600 bis	0,666
Tannenholz 0,498 bis	0,550
Kork	0,240
Kautschuck	0,989
Kampfer	0,988
Ambra, graue 0,780 bis	0,926
Wachs, gelbes 0,965, weißes	0,968
Wallrath	0,943
Fett, thier. 0,923 bis	0,948
Holzkohle 0,280 bis	0,440

Eisenvitriol	1,880
Phosphor	1,821
Borax	1,720
Salmiak	1,453
Alaun	1,714
Zucker, weißer	1,606

Flüssigkeiten.

Vitriol	1,844			
Schwe	1,836			
Salpet	1,329	bis	1,000	
	1,187			
Salzsäu	1,120			
Essigsä	1,898	bis	0,975	
Wasser	1,006			
	1,002			
	0,994			
Wein,	0,870			
	0,858			
	0,940			
	0,929			
	0,917			
	0,915			
	0,793			Nach Meißner
	0,915			
	0,909			
	0,729			
	0,710			
	0,705			

Gas- und Dampfarten.

cht ik- ha- g"	Namen der Beobachter.
H	Gay-Lussac
Ki	John Davy
Pl	— —
S	Berzelius und Dulong
Ch	Gay-Lussac und Thenard
Fl	John Davy
S	— —
Kry	Gay-Lussac
Ox	Colin
Ko	Biot und Arago
Sa	— —
Sc	Gay-Lussac und Thenard
Ox	Berzelius und Dulong
Sa	— —
Atr	
Oel	Th. v. Sauſſure
Koh	Henry
Azo	Biot nnd Arago
Pho	Davy
Am	Berzelius und Dulong
Koh	— —
Arse	Trommsdorff
Hyd	Berzelius und Dulong
Jod	Gay-Lussac
Hyd	— —
Terp	— —
Chlo	Colin und Robiquet
Schi	Gay-Lussac
Schi	— —
Salz	Thenard
Alko	Gay-Lussac
Blau	— —
Wass	— —

Übersicht der Dampfe.

Name der Gase oder Dampfarten.	Das Luftvolumen
Ammoniak	0,59
Arsenikdampf	10,38
Arsenikwasserstoffgas	2,69
Äther	2,58
Äthergas	3,44
Äthylchlorid	2,22
Äthylchlorürdampf	2,22
Äthylenchlorürdampf	3,42
Äthylenoxydgas	1,52
Äthylgas	0,97
Äthylnitrit	2,58
Äthylnitritdampf	2,58
Äthylsulfhydrat	2,58
Äthylsulfhydratdampf	2,58
Äthylsulfürdampf	2,58
Äthylsulfürgas	2,58
Äthylsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffschwefelsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürdampf	2,58
Äthylwasserstoffsulfürgas	2,58
Äthylwasserstoffsulfürwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffgas	2,58
Äthylwasserstoffsäuregas	2,58
Äthylwasserstoffsäuredampf	2,58
Äthylwasserstoffw

Vergleichung der Thermometerscale
Rea

Fahrenh.	Celsius.	Reaumur.	Fahrenh.	Celsius.	Reaumur.	Fa ren
— 40°	— 40°	— 32°	+ 23	— 5	— 4	+
39	39,44	31,56	24	4,44	3,56	
38	38,89	31,11	25	3,89	3,11	
37	38,33	30,67	26	3,33	2,67	
36	37,78	30,22	27	2,78	2,22	
35	37,22	29,78	28	2,22	1,78	
34	36,67	29,33	29	1,67	1,33	
33	36,11	28,89	30	1,11	0,89	
32	35,56	28,44	31	0,56	0,44	
31	35	28	32	0	0	
30	34,44	27,56	33	+ 0,56	+ 0,44	
29	33,89	27,11	34	1,11	0,89	
28	33,33	26,67	35	1,67	1,33	
27	32,78	26,22	36	2,22	1,78	
26	32,22	25,78	37	2,78	2,22	1
25	31,67	25,33	38	3,33	2,67	1
24	31,11	24,89	39	3,89	3,11	1
23	30,56	24,44	40	4,44	3,56	1
22	30	24	41	5	4	1
21	29,44	23,56	42	5,56	4,44	1
20	28,89	23,11	43	6,11	4,89	1
19	28,33	22,67	44	6,67	5,33	1
18	27,78	22,22	45	7,22	5,78	1
17	27,22	21,78	46	7,78	6,22	1
16	26,67	21,33	47	8,33	6,67	1
15	26,11	20,89	48	8,89	7,11	1
14	25,56	20,44	49	9,44	7,56	1
13	25	20	50	10	8	1
12	24,44	19,56	51	10,56	8,44	1
11	23,89	19,11	52	11,11	8,89	1
10	23,33	18,67	53	11,67	9,33	1
9	22,78	18,22	54	12,22	9,78	1
8	22,22	17,78	55	12,78	10,22	1
7	21,67	17,33	56	13,33	10,67	1
6	21,11	16,89	57	13,89	11,11	1
5	20,56	16,44	58	14,44	11,56	1
4	20	16	59	15	12	1
3	19,44	15,56	60	15,56	12,44	1
2	18,89	15,11	61	16,11	12,89	1
1	18,33	14,67	62	16,67	13,33	1
0	17,78	14,22	63	17,22	13,78	1
+ 1	17,22	13,78	64	17,78	14,22	1

Zehnte Tabelle.

...n von Fahrenheit, Celsius und ...umur.

...h.	Cel- sius.	Reau- mur.	Fah- renh.	Cel- sius.	Reau- mur.
86	+ 30	+ 24	+ 149	+ 65	+ 52
87	30,56	24,44	150	65,56	52,44
88	31,11	24,89	151	66,11	52,89
89	31,67	25,33	152	66,67	53,33
90	32,22	25,78	153	67,22	53,78
91	32,78	26,22	154	67,78	54,22
92	33,33	26,67	155	68,33	54,67
93	33,89	27,11	156	68,89	55,11
94	34,44	27,56	157	69,44	55,56
95	35	28	158	70	56
96	35,56	28,44	159	70,56	56,44
97	36,11	28,89	160	71,11	56,89
98	36,67	29,33	161	71,67	57,33
99	37,22	29,78	162	72,22	57,78
00	37,78	30,22	163	72,78	58,22
01	38,33	30,67	164	73,33	58,67
02	38,89	31,11	165	73,89	59,11
03	39,44	31,56	166	74,44	59,56
04	40	32	167	75	60
05	40,56	32,44	168	75,56	60,44
06	41,11	32,89	169	76,11	60,89
07	41,67	33,33	170	76,67	61,33
08	42,22	33,78	171	77,22	61,78
09	42,78	34,22	172	77,78	62,22
10	43,33	34,67	173	78,33	62,67
11	43,89	35,11	174	78,89	63,11
12	44,44	35,56	175	79,44	63,56
13	45	36	176	80	64
14	45,56	36,44	177	80,56	64,44
15	46,11	36,89	178	81,11	64,89
16	46,67	37,33	179	81,67	65,33
17	47,22	37,78	180	82,22	65,78
18	47,78	38,22	181	82,78	66,22
19	48,33	38,67	182	83,33	66,67
20	48,89	39,11	183	83,89	67,11
21	49,44	39,56	184	84,44	67,56
22	50	40	185	85	68
23	50,56	40,44	186	85,56	68,44
24		40,89	187	86,11	68,89
		41,33	188	86,67	69,33
		1,78	189	87,22	69,78
		2,22	190	87,78	70,22
			191		

Eilfte Tabelle.

Vergl[illegible]n der Wärme.

I. Die li[illegible]Wassers zeigen die folgen=
den [illegible] 100000000 gesetzt wird.
(Nach[illegible]etzte gemeine Bruch drückt
die Lä[illegible]ckt wird.

Flintglas	100139167	$7\frac{1}{10}$
Krystallglas	100146606	$6\frac{1}{82}$
Glas ohne B[illegible]	100171733	$5\frac{1}{82}$
Spiegelglas	100181697	$5\frac{1}{50}$
Platin (nach	100187500	$5\frac{1}{53}$
Palladium (n[illegible]	100190974	$5\frac{1}{24}$
Spießglanz [illegible]	100205833	$4\frac{1}{86}$
Ungehärteter	100217298	$5\frac{1}{62}$
Gußeisen	100250533	$3\frac{1}{99}$
Stabeisen	100284836	$3\frac{1}{51}$
Weicher Eisen	100294167	$3\frac{1}{40}$
Gehärteter S[illegible]	100310833	$3\frac{1}{22}$
bei + 65°		

Anmerk[illegible]r jene des Körperinhalts,

II. 100000[illegible]h Gilpin und Kirwan
beim E[illegible]uren sind nach dem hun=
dertheil

— 12° C.	1[illegible]	12
— 1°	1[illegible]	58
0°	1[illegible]	17
+ 1°	1[illegible]	76
+ 2°	1[illegible]	60
+ 3°	1[illegible]	52
+ 5°	1[illegible]	61
+ 6°	1[illegible]	83
+ 7°	1[illegible]	19
+ 8°	1[illegible]	83
+ 9°	1[illegible]	33

werden durchs Erwärmen bis zum Siedpunkt
e ausgedehnt. (Der beigefügte gemeine Bruch

re	106000	$\frac{1}{17}$
tinöl	107000	$\frac{1}{14}$
. . . . .	107000	$\frac{1}{14}$
Dele	108000	$\frac{1}{12}$
erſäure	110000	$\frac{1}{9}$
. . . . .	110000	$\frac{1}{9}$

usdehnung des Queckſilbers, dann die lineare
3 für jeden Grad C.

Eiſen.	Kupfer.	Platin.
$\frac{1}{84500}$	$\frac{1}{58300}$	$\frac{1}{113100}$
0,00928	0,01285	0,00884
—	—	—
$\frac{1}{108}$	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{113}$
0,0189	0,0128	0,00801

Zwölfte Tabelle.

Spann und Wiener Zollen Quecksilberwärme

(Nach Gründe der Physik entlehnt.)

Temp. nach C°.	Spannung in Wiener Zoll.	Temp. nach C°.	Spannung in Millimetres.	Spannung in W. Zoll.
— 20	748	+ 79	337,76	12,822
19	892	80	352.08	13.436
18	044	81	367,00	13,932
17	202	82	382.38	14,516
16	368	83	398,28	15,119
15	541	84	414,73	15,744
14	723	85	431,71	16,388
13	912	86	449,26	17,055
12	110	87	467,38	17,742
11	316	88	486,09	18,453
10	532	89	505,38	19,185
9	757	90	525,28	19,940
8	992	91	545,80	20,719
7	236	92	566,95	21,518
6	491	93	588,74	22,350
5	758	94	611,18	23,201
4	034	95	634,27	24,078
3	323	96	658,05	24,981
2	623	97	682,59	25,912
1	936	98	707,63	26,863
0	261	99	733,46	27,843
+ 1	599	100	76000	28,851
2	950	101	787,27	29,887
3	316	102	815,26	30,949
4	696	103	843,98	32,039
5	990	104	873.44	33,157
6	499	105	903,64	34 304
7	924	106	934,81	35,487
8	364	107	966,31	36,683
9	821	108	994,79	37,764
10	296	109	1032.04	39,178
11	786	110	1066,06	40,407
12	1295	111	1100,87	41,791

Spannung		Temp.	Spannung	
in Millimetres.	in Wiener Zoll.	nach C°.	in Millimetres.	in W. Zoll.
2592,56	98,42	+190	8408,32	319,2
2963,45	112,50	195	9303,94	353,2
3388,88	128,65	200	10268,05	389,8
3822,73	145,12	205	11305,92	429,2
4317,69	163,91	210	12420,18	471,5
4862,70	184,60	215	13605,57	516,5
5459,29	207,21	220	14883,15	565,0
6088,92	231,15	225	16245,02	616,7
6814,90	258,71			
7581,18	287,80			

Dreizehnte Tabelle.

...ier Körper.

(Nach ...pain, Wilke, Gadolin,

Ur...

...ce Flüssigkeiten.

Eis	. . .	0,9130
Lindenholz	. . .	0,9030
Föhrenholz	. . .	0,7000
Ulmenholz	. . .	0,6600
Kalkhydrat	c. . . .	0,6300
Holzkohle	de . . .	0,6000
gebrannter	. . .	0,5280
Glas	. . .	0,4720
Schwefel	. . .	0,3096
Kobalt	nc. . . .	0,3346
Eisen		
Nickel	nd Dampfarten.	
Kupfer	. . . .	3,2936
Tellur	. . . .	0,8470
Zink	. . 0,4420 bis	0,9670
Silber	. . .	0,4207
Zinn	. . 0,302 bis	0,379
Spießglanz	. . . .	0,2884
Platin	. . . .	0,2754
Gold	uft . . .	0,2669
Blei	as . . .	0,2369
Queckfilber	. . . .	0,2361
Wismuth	. . . .	0,2210
Wasser	f . . .	0,1778

nte Tabelle.

r Körper.

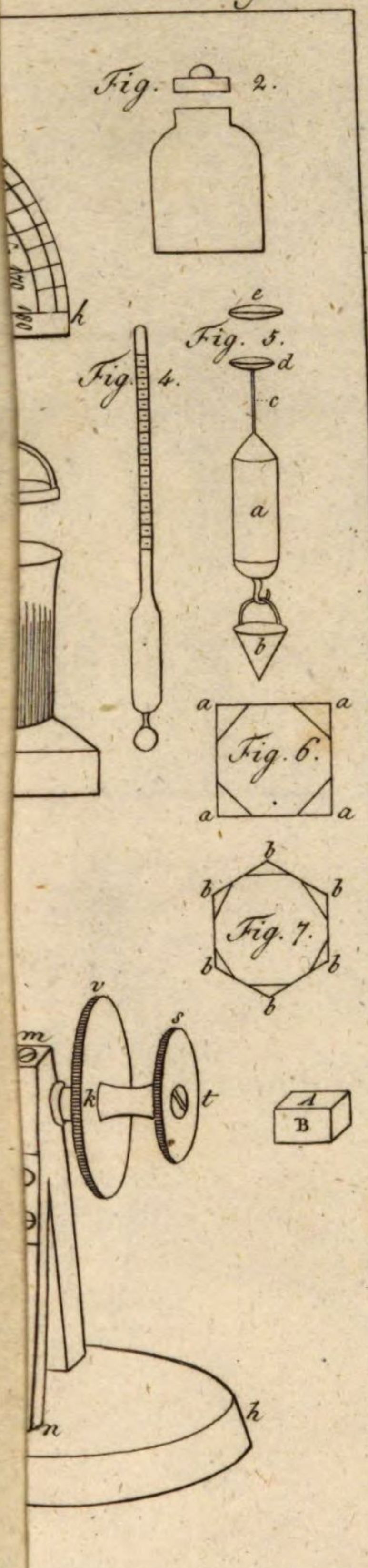
I. Berechnet, bei hö
zt.

Salpet	° R.	
Schwe		
Ammo		6° Wedgw.
Queckſi		21
Blauſäu		23
Terpen		27
Starke		32
Bergan		70
Menſch		86
Flußſäu		95
Weineſſ		112
Milch		
Waſſer		123
Olivenö		
Aniſöl		124
Talg		
Phosph		125
Wallrat		130
Kalium		150
Wachs		150
—	n	158
Natroni		160
Schwefe		160
Jod	.	170
Tellur	.	
Arſenik		
Wismut		
Zinn	.	
Blei	.	240

Reaumür'schen Thermometer, und bei gewöhnli-

Meerwasser . . .	+ 83° R.
Gesättigte Salzsohle .	+ 84,6
Salpetersäure . . .	+ 99
Terpentinöl . . .	+ 140
Jod	+ 144
Phosphor	+ 231
Schwefel	+ 234
concentrirte Schwefelsäure	+ 247
Leinöl	+ 252
Queckſilber . . .	+ 282

Taf: I.



Taf: II.

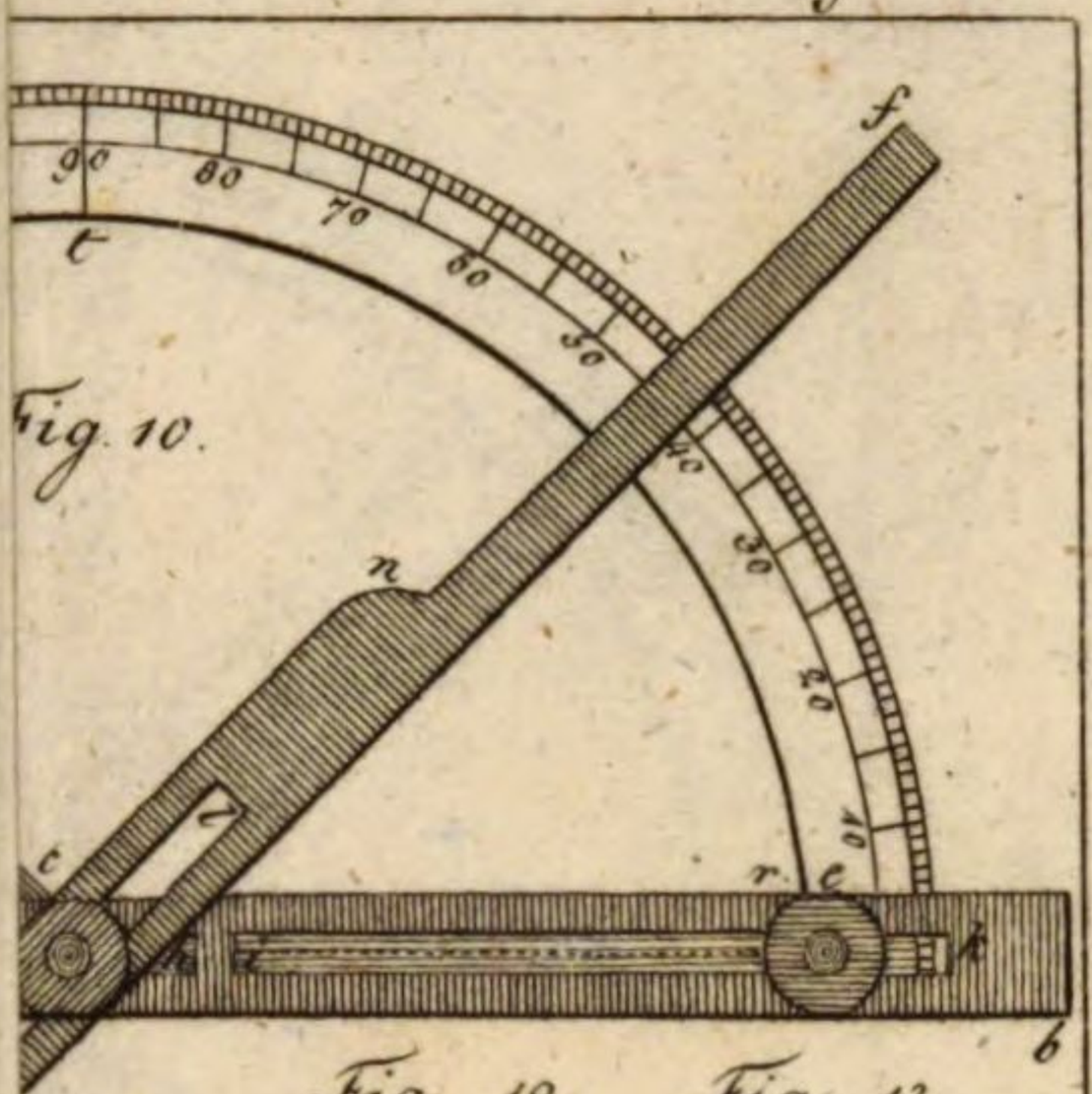
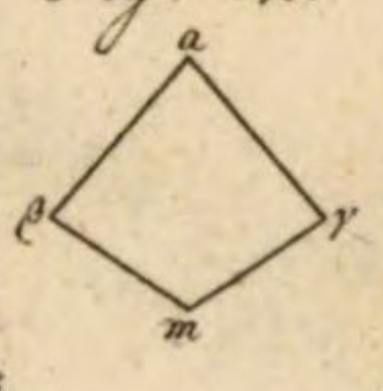


Fig. 10.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 11.



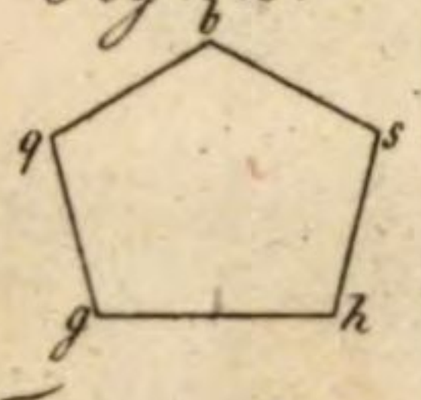


Fig. 15.

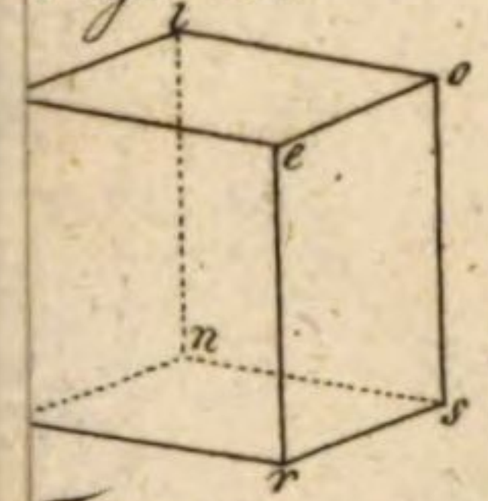


Fig. 16.

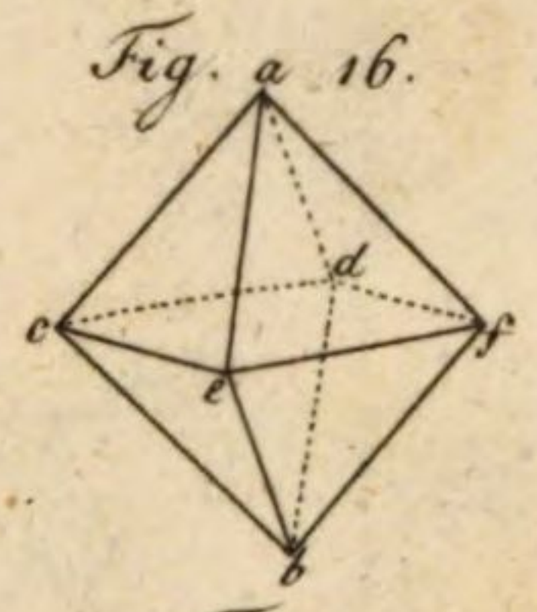


Fig. 18.

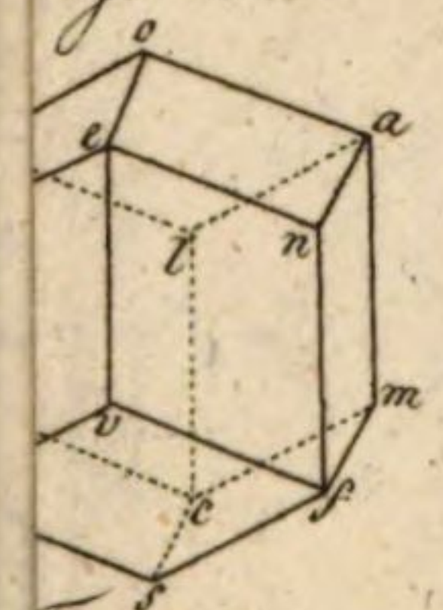


Fig. 19.

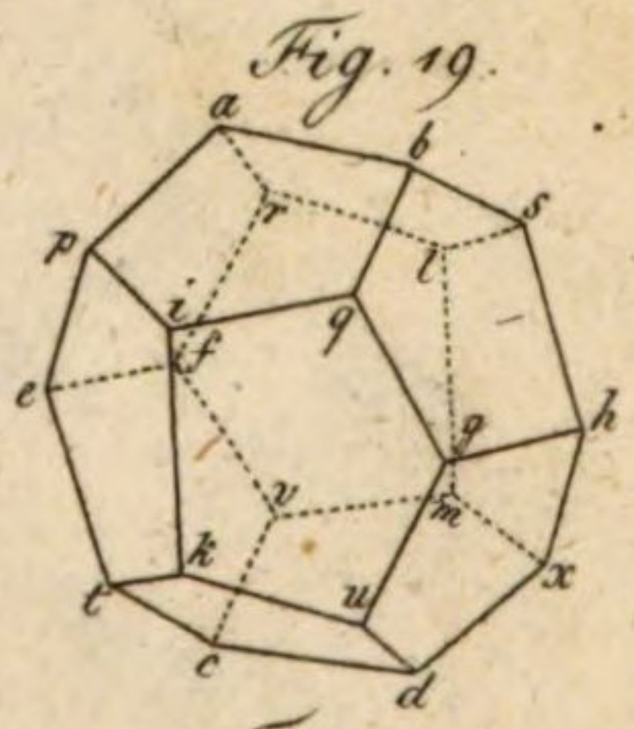


Fig. 22.

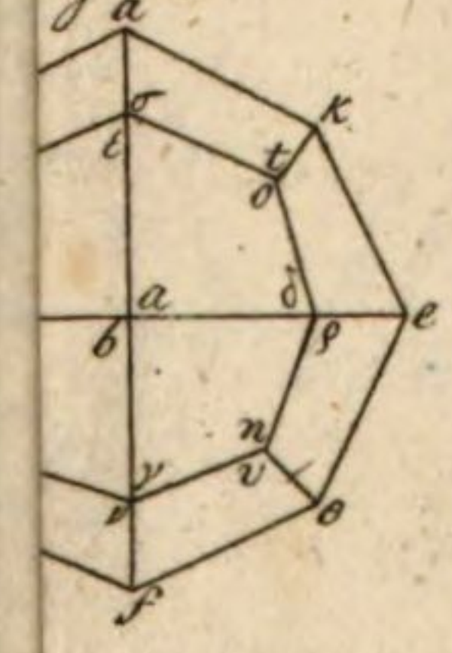
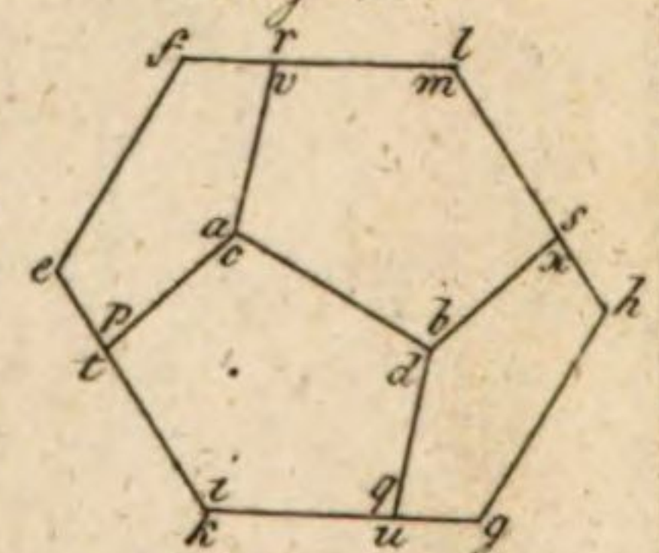
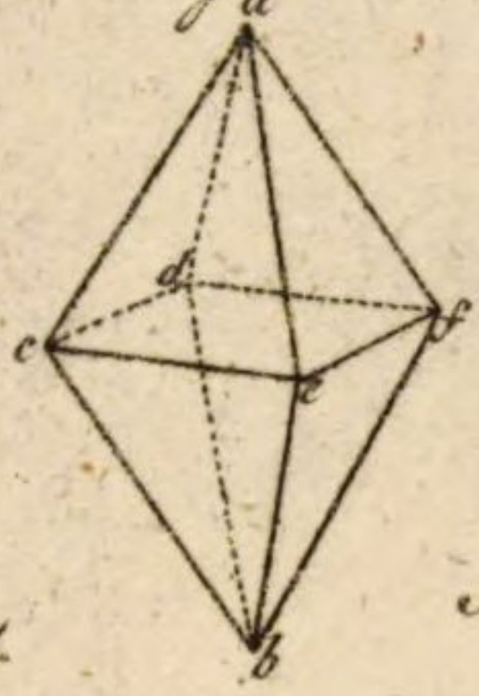


Fig. 20.



Taf. III.

Fig. 25.



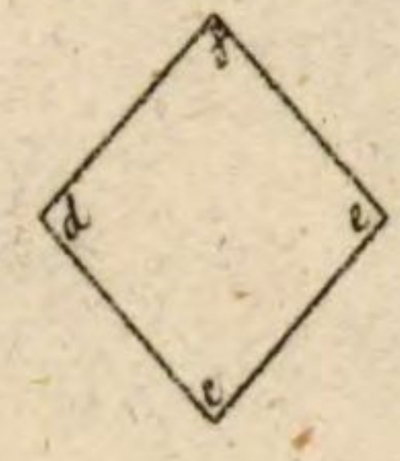


Fig. 28.

27.

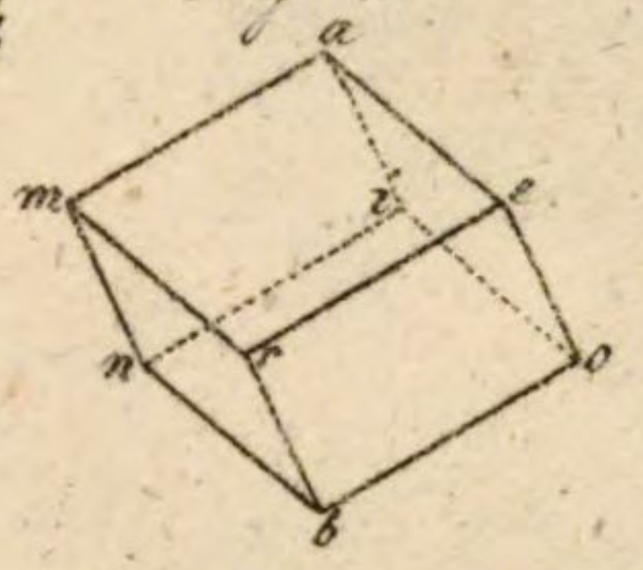
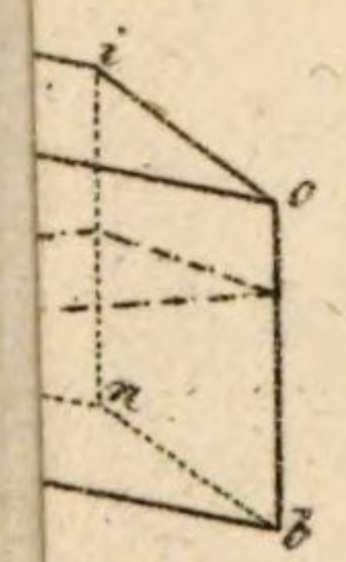


Fig. 31.

30.



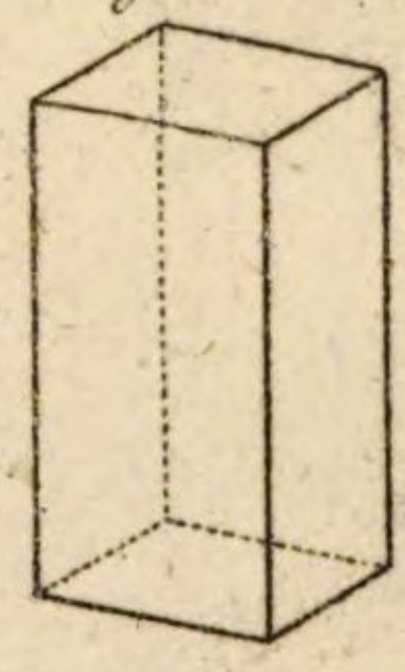
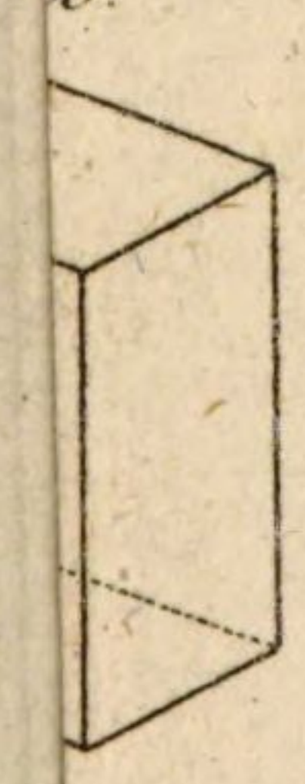
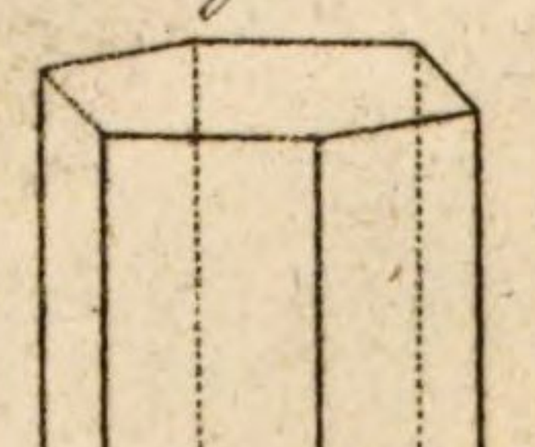
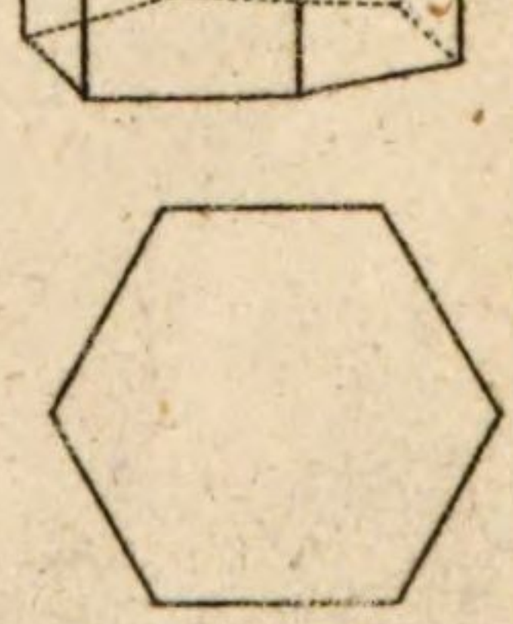


Fig 34.

33.







Taf. IV.

Fig. 36.

Fig. 37.

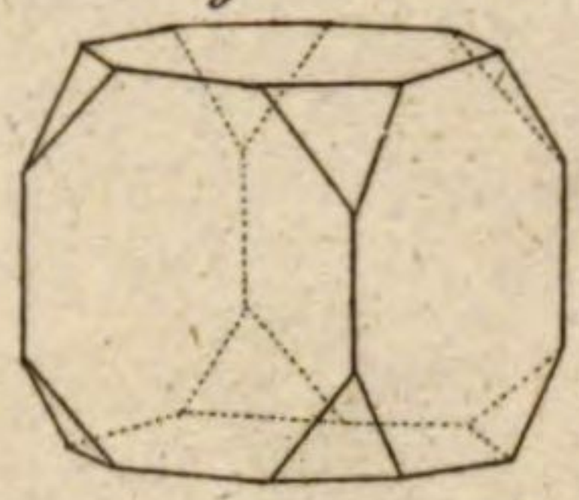


Fig. 38.

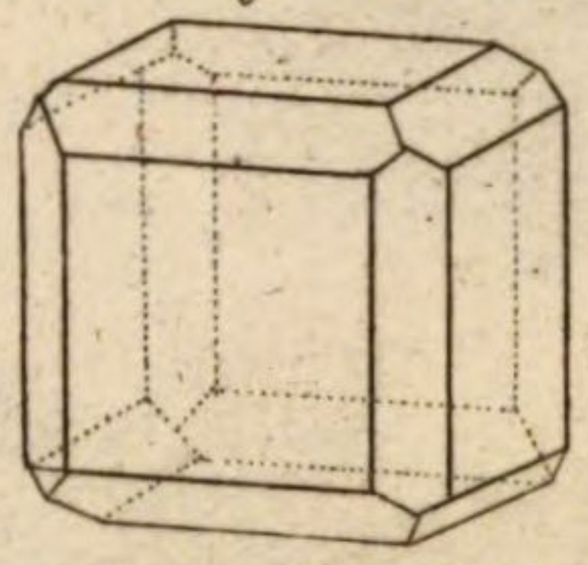


Fig. 40.

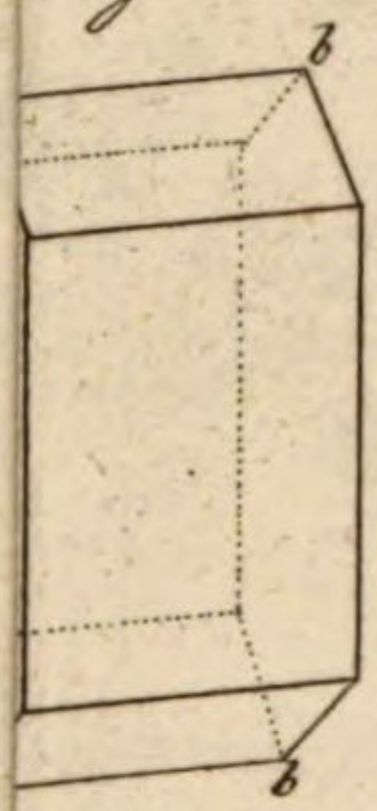


Fig. 41.

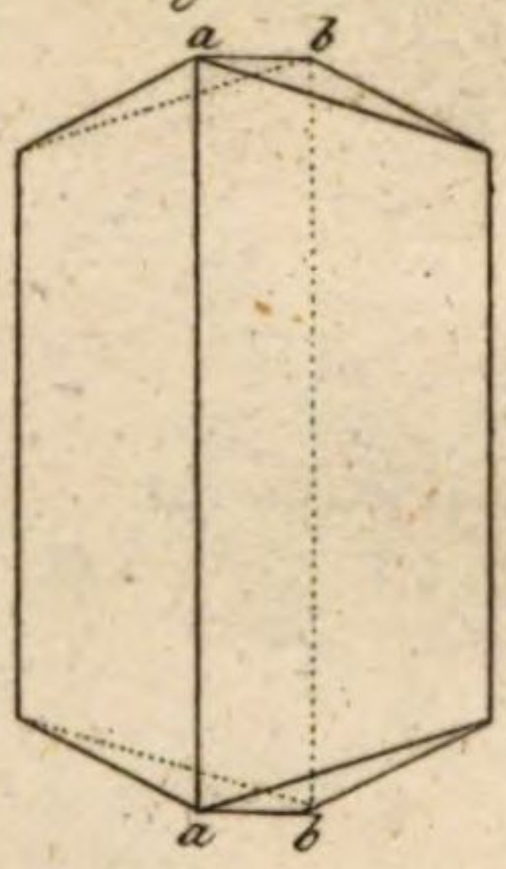


Fig. 43.

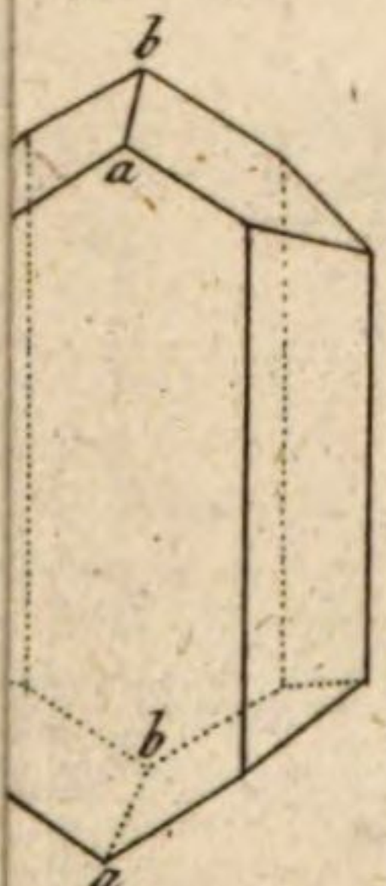
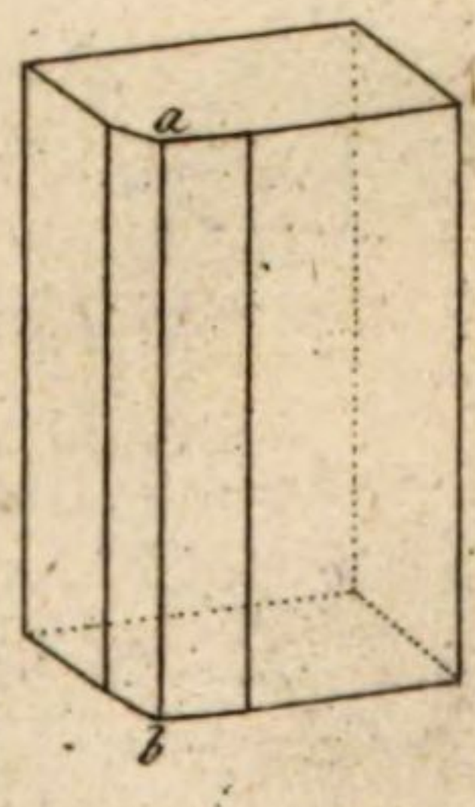


Fig. 44.



Taf. V.

Fig. 46.

Fig. 47.

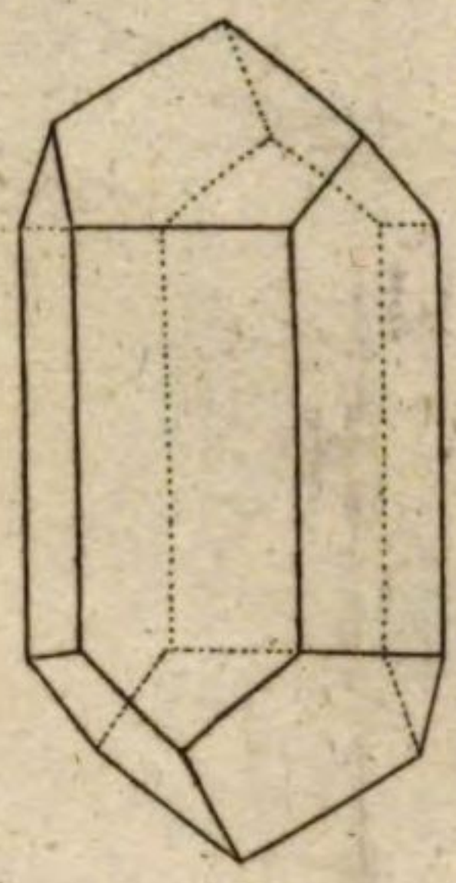


Fig. 49.

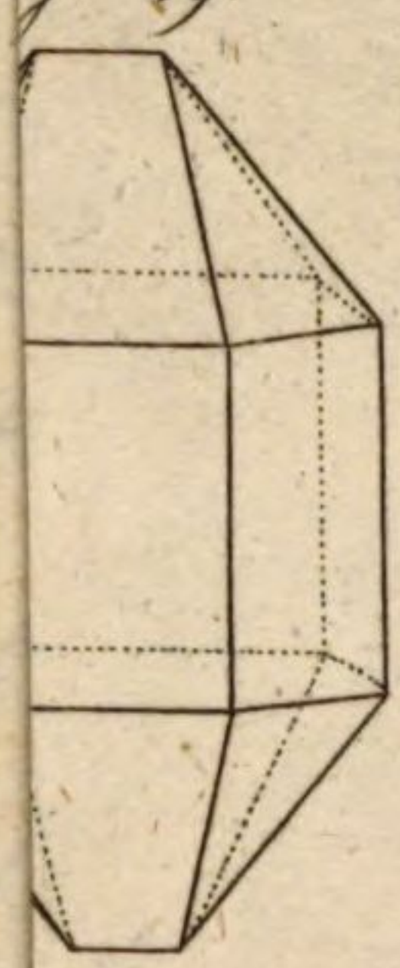


Fig. 50.

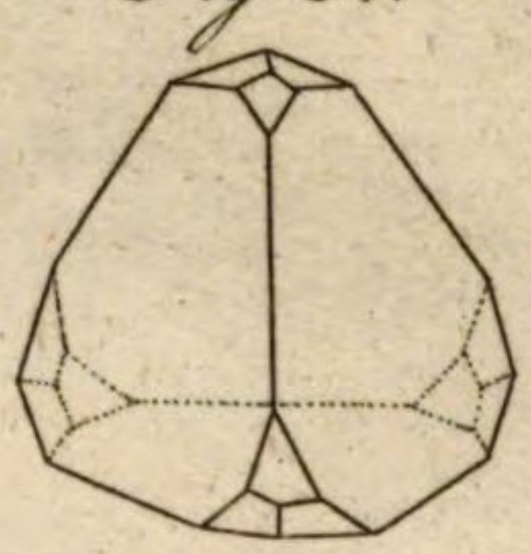


Fig. 51.

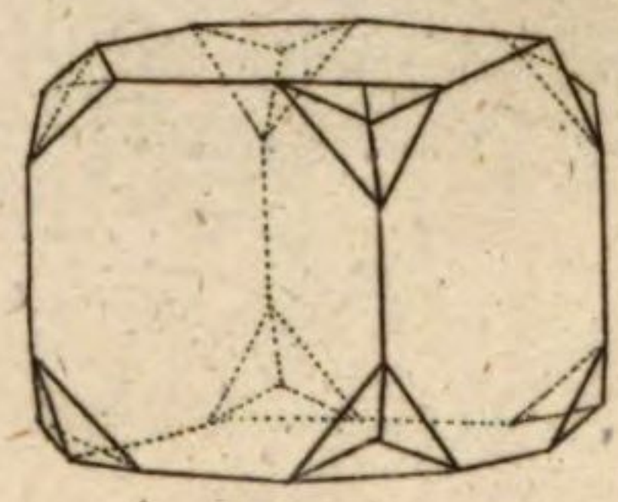
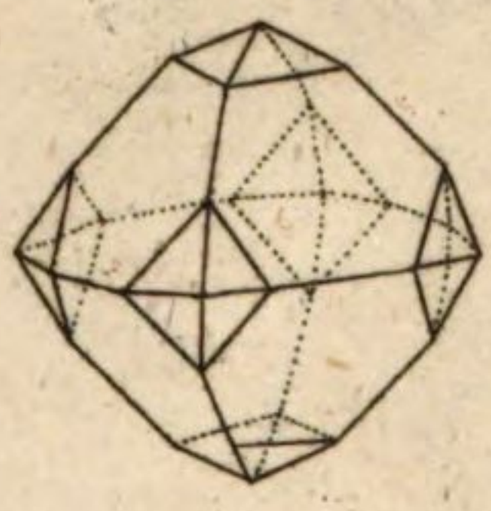


Fig. 54.

Fig. 52.



Taf: VI.

Fig. 56.

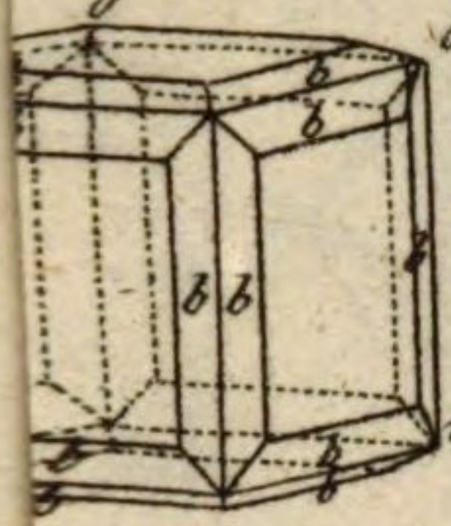


Fig. 57.

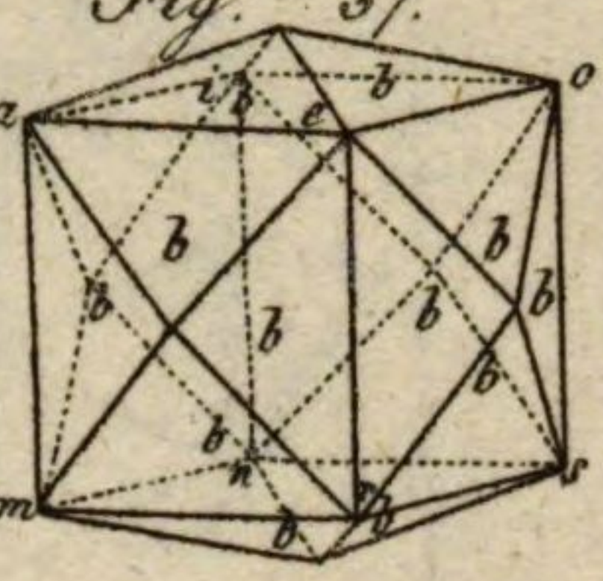


Fig. 59.

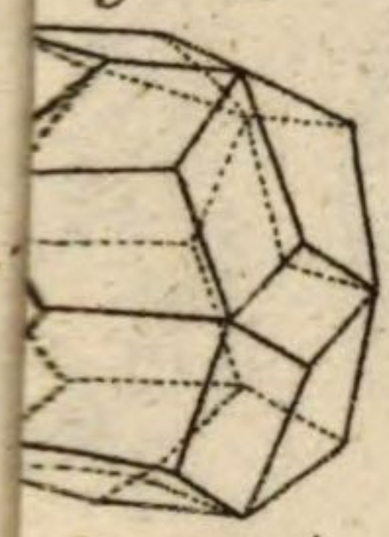


Fig. 60.

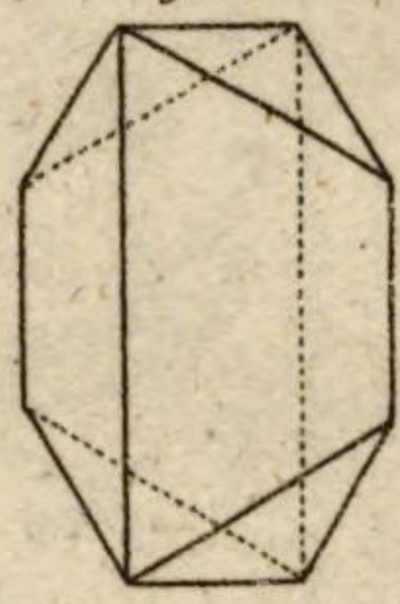


Fig. 62.

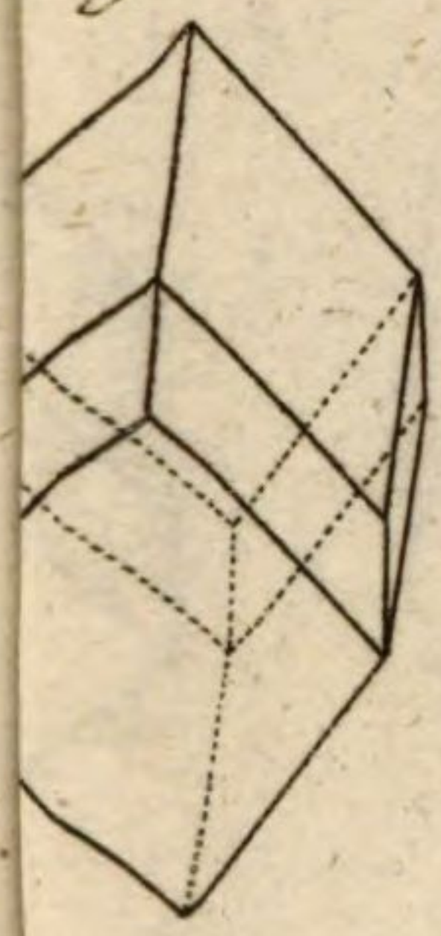


Fig. 63.

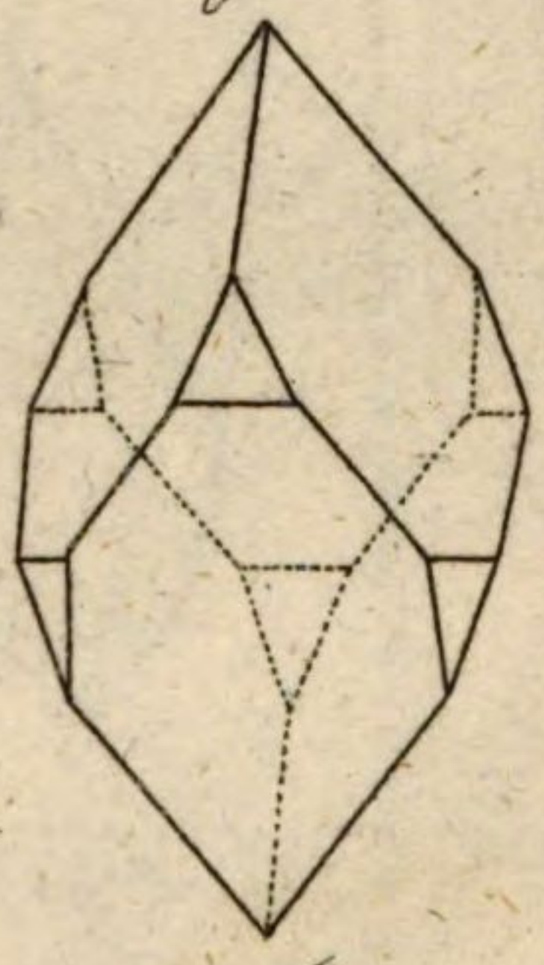


Fig. 65.

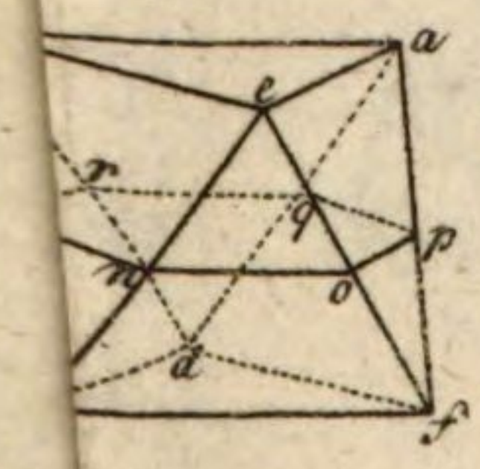


Fig. 66.

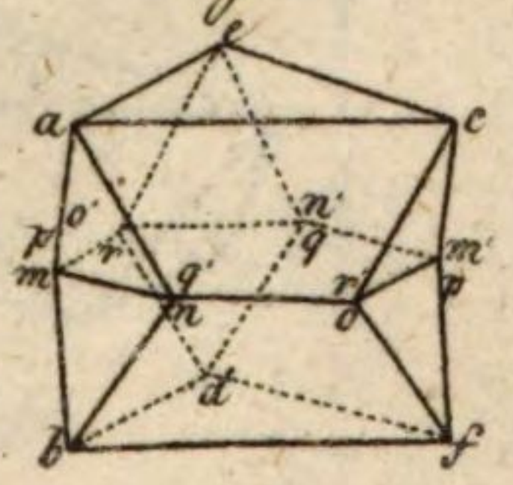


Fig. 69.

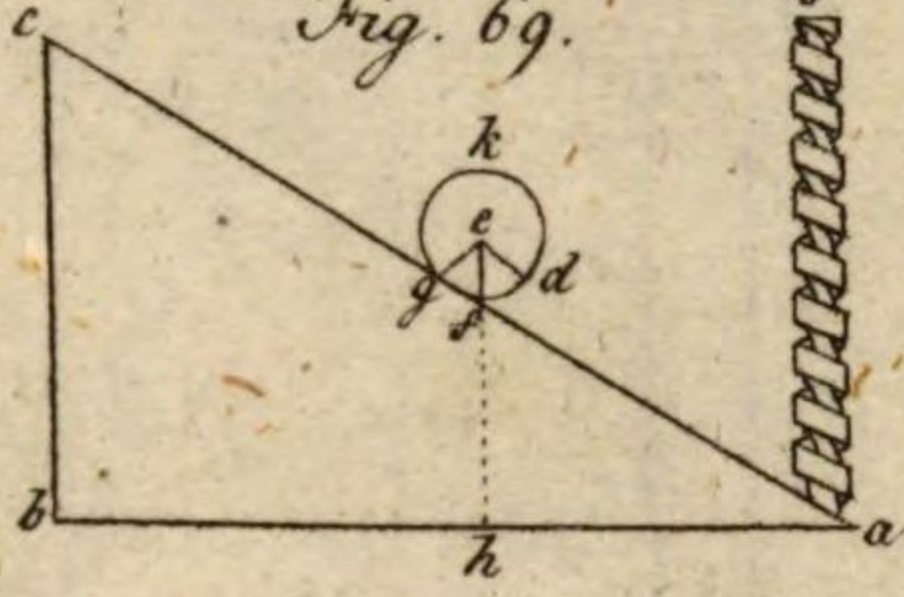


Fig. 71.

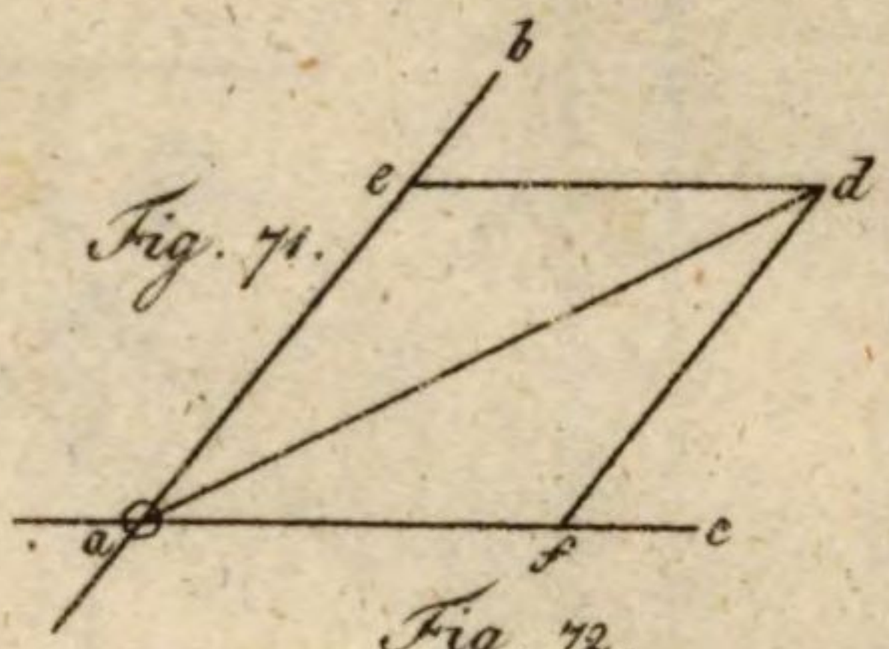


Fig. 72.

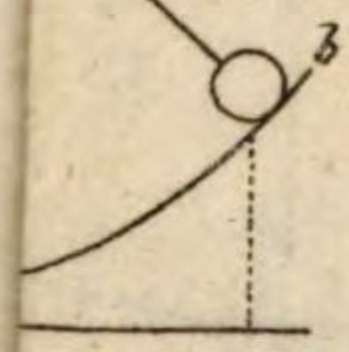


Fig. 74.

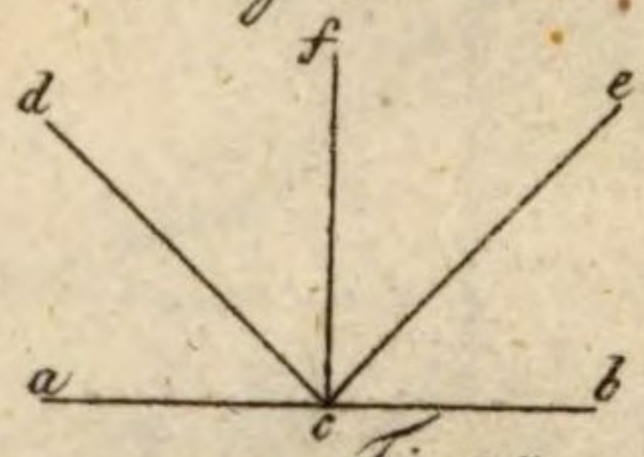


Fig 75.

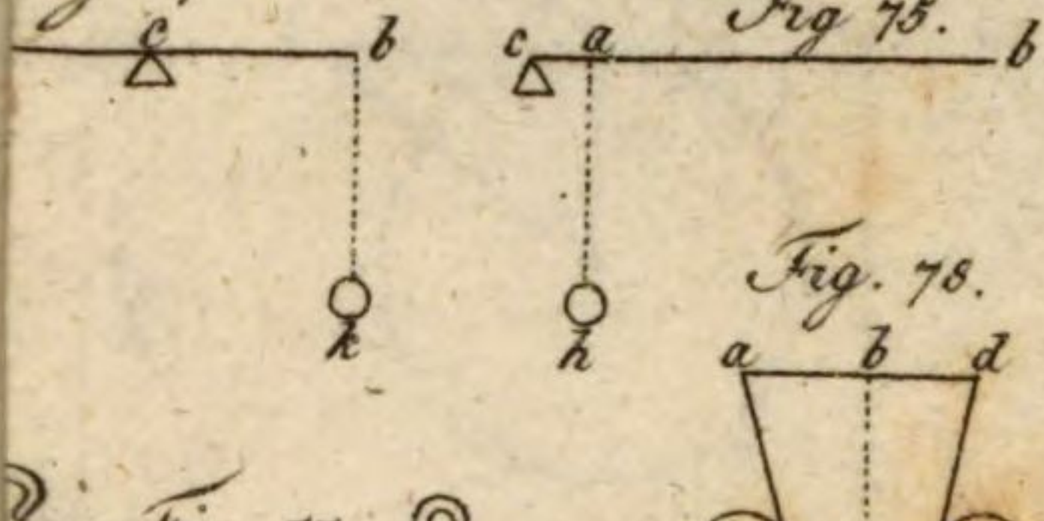


Fig. 77.

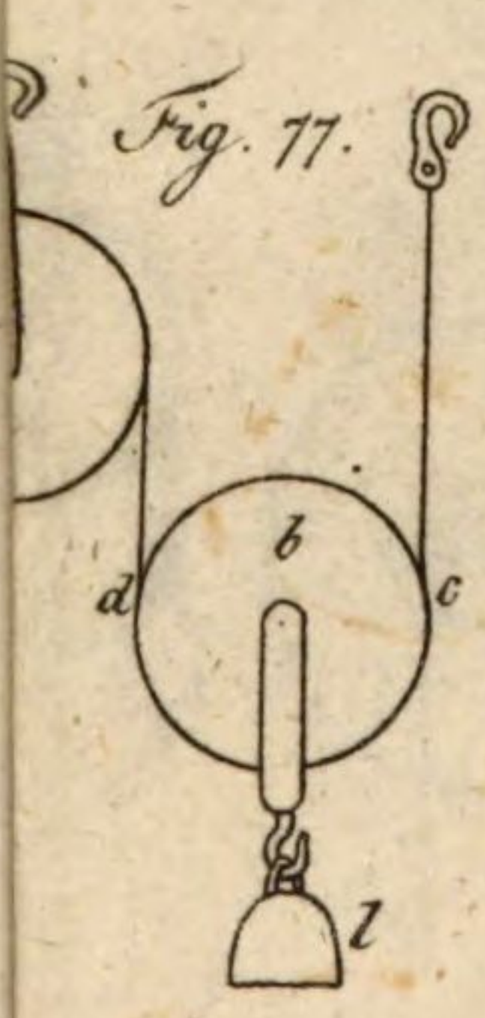


Fig. 78.

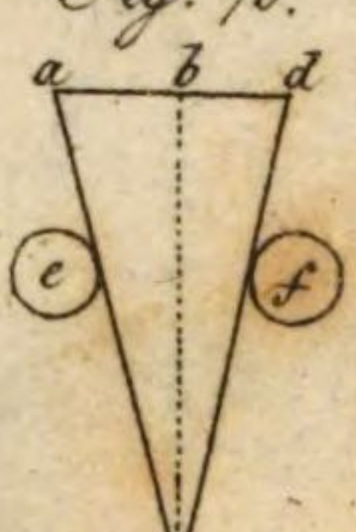


Fig. 79.

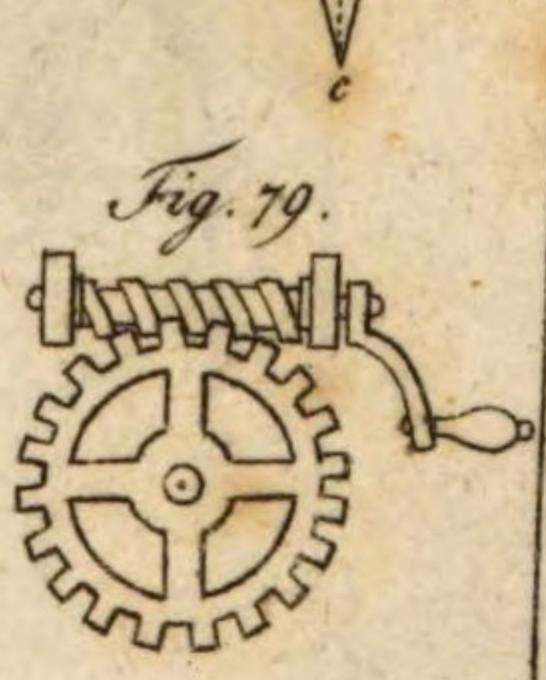


Fig. 82.

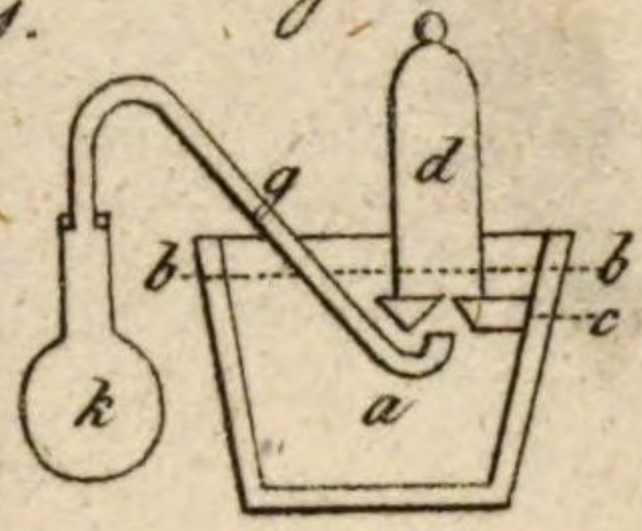


Fig. 83.

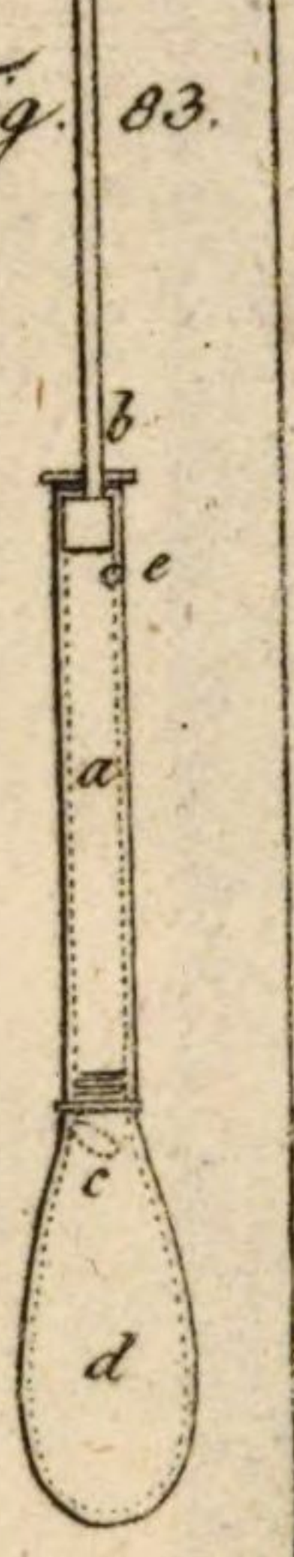


Fig. 85.

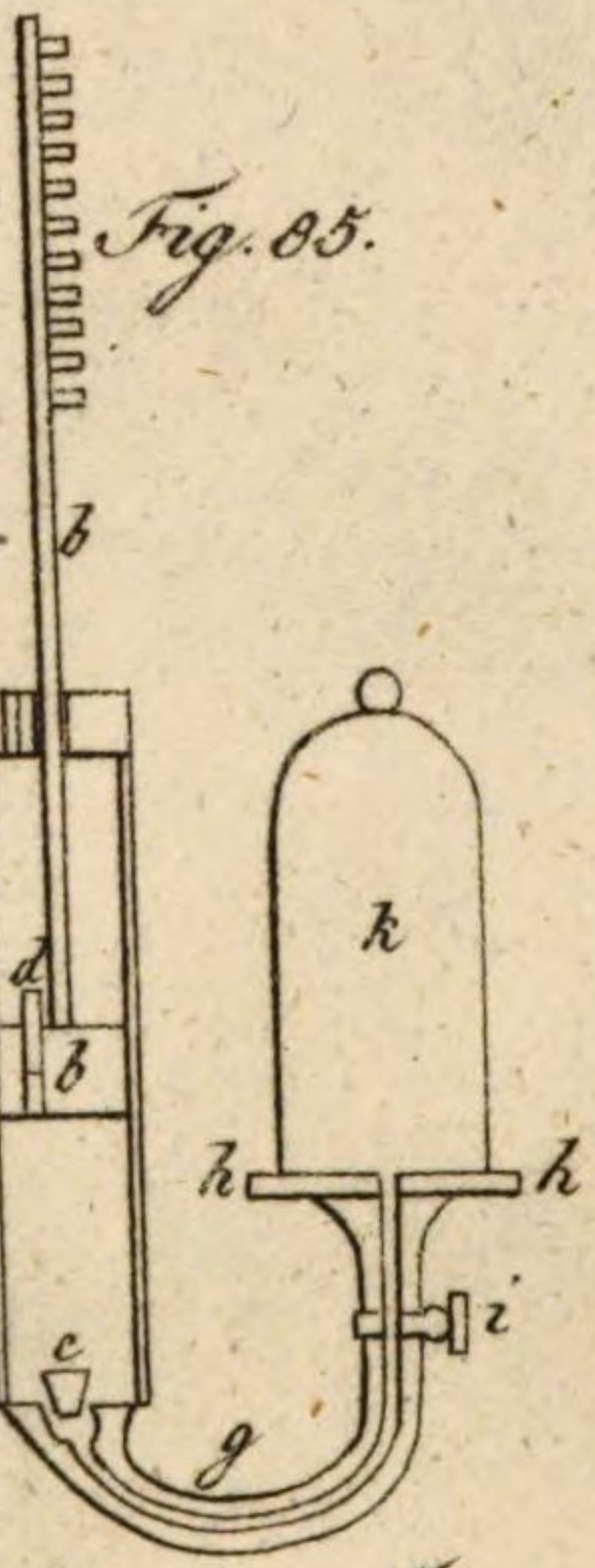


Fig. 90.

Fig. 90. β

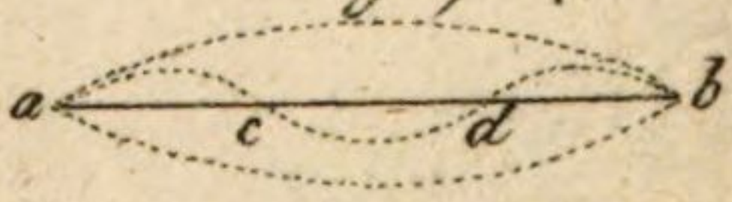


Fig. 91.

89.

Fig. 92.

Taf: IX

Fig. 95.

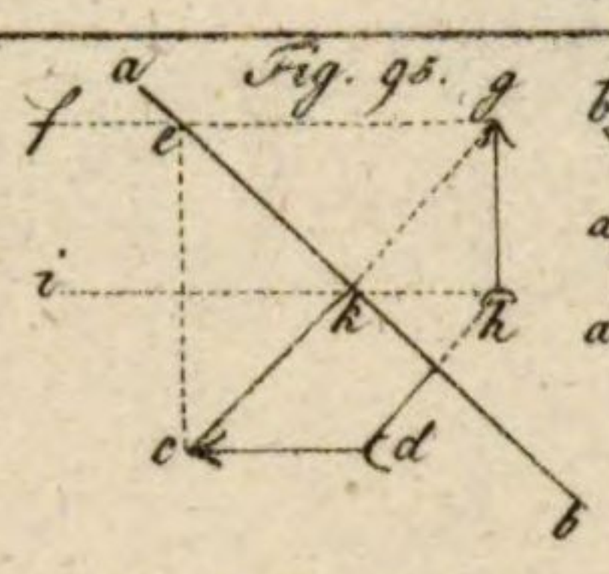


Fig. 96.

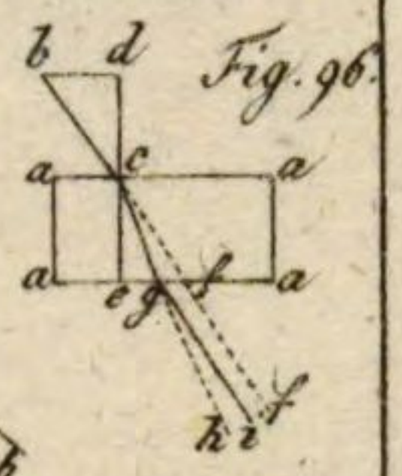


Fig. 99.

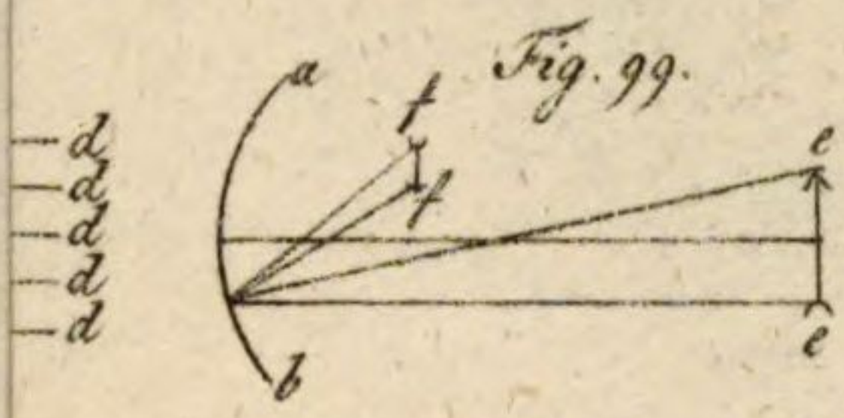


Fig. 101.

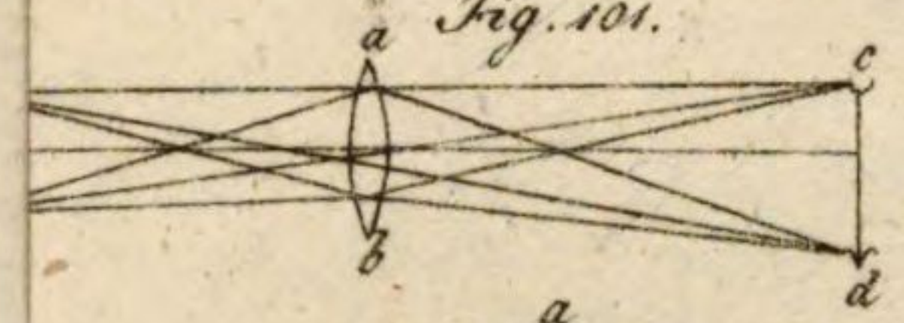
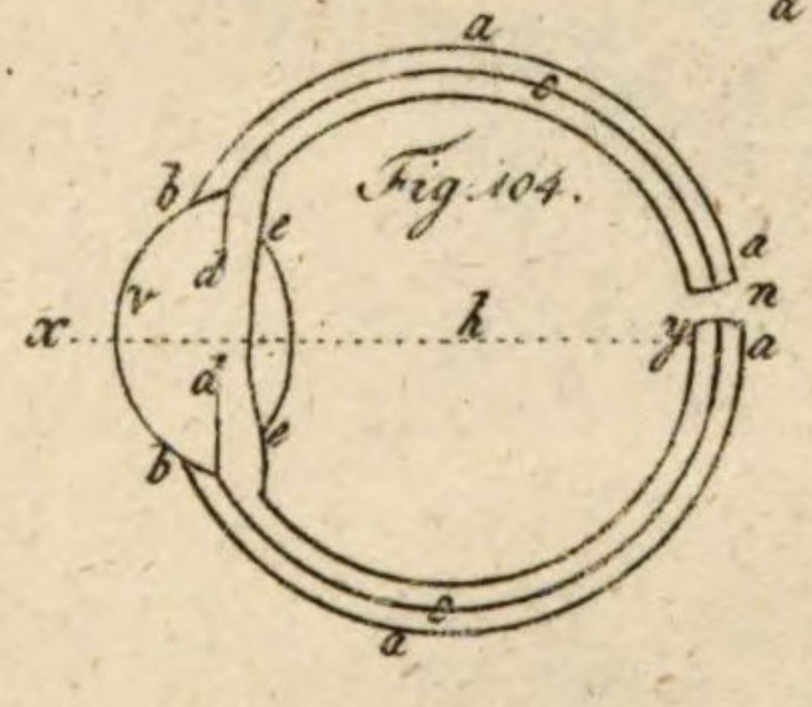


Fig. 104.



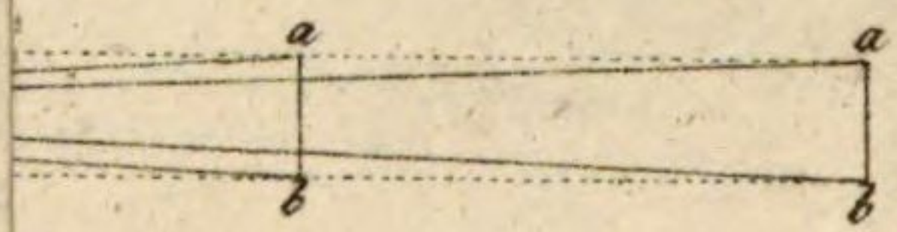


Fig. 107.

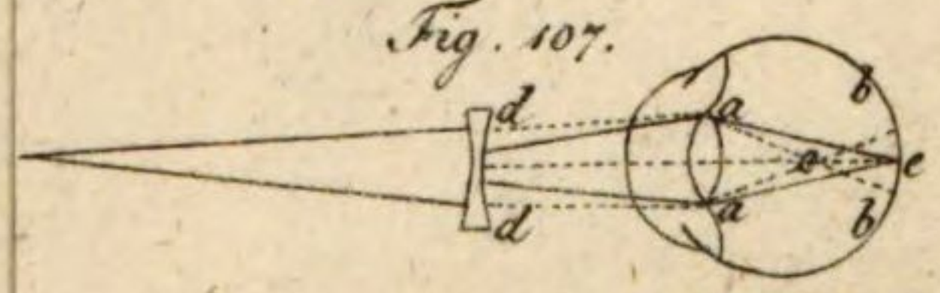


Fig. 109.

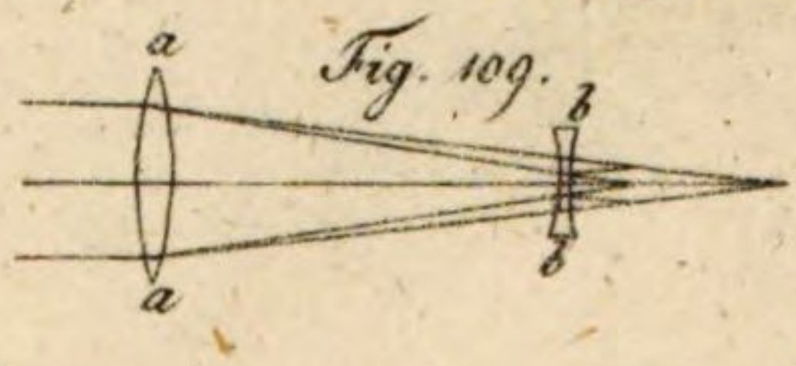
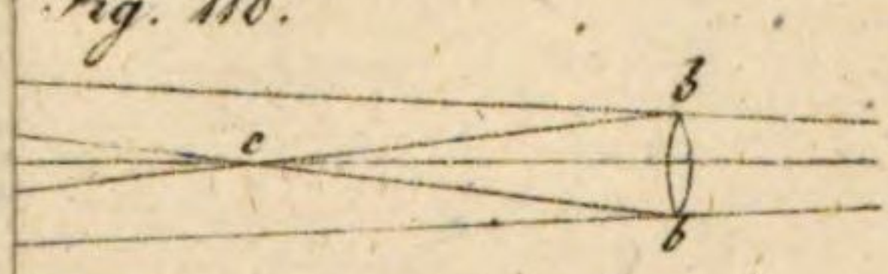


Fig. 110.



Taf: X.

Fig. 113.

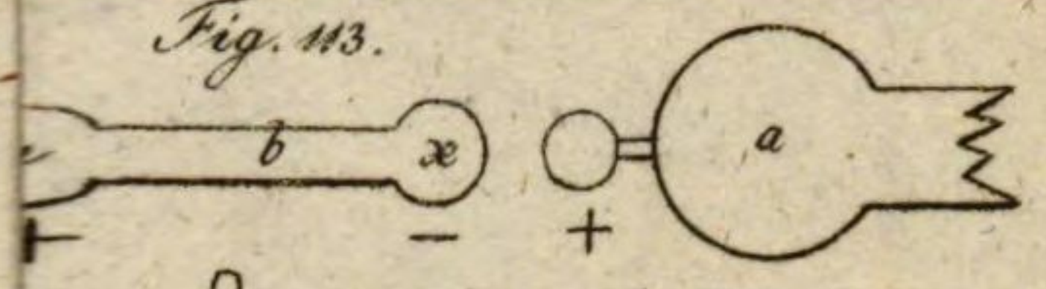


Fig. 114.

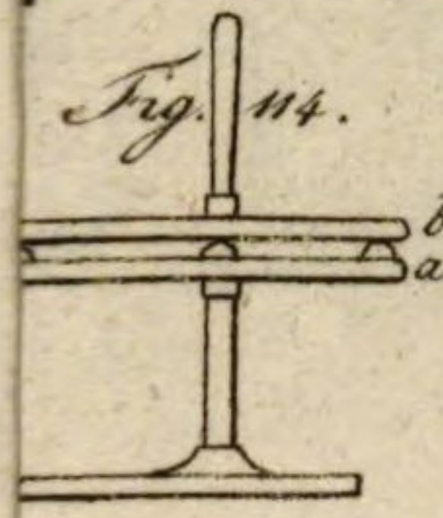


Fig. 115.

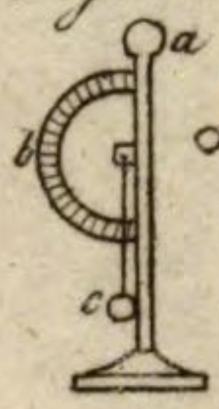


Fig. 116.

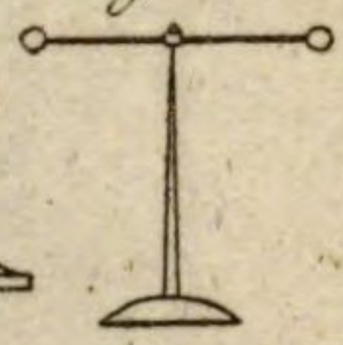


Fig 118.

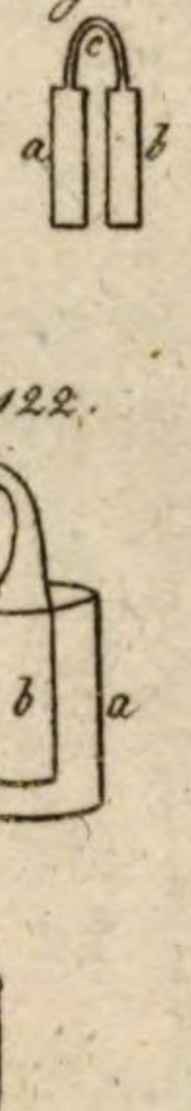


Fig. 119.

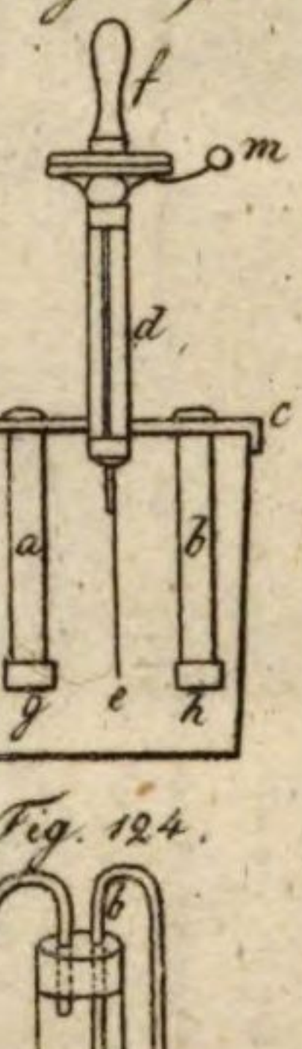
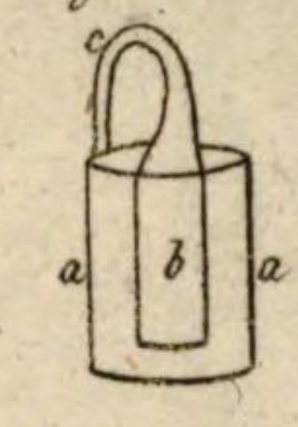


Fig. 121.

Fig. 122.



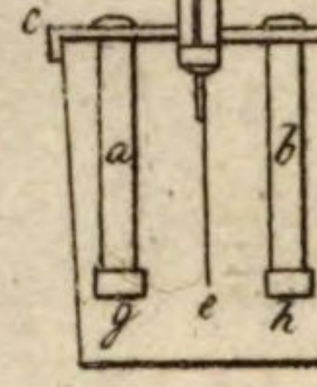
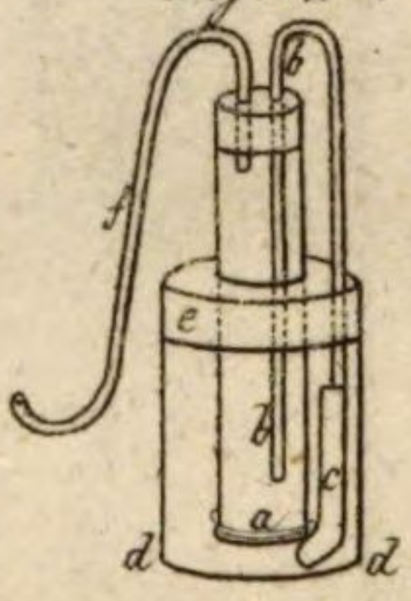


Fig. 123.

Fig. 124.



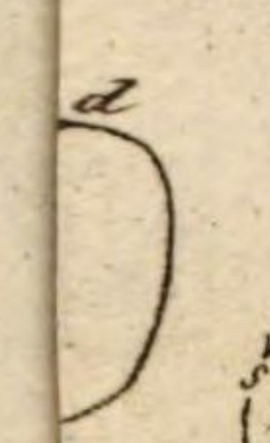


Fig. 126.

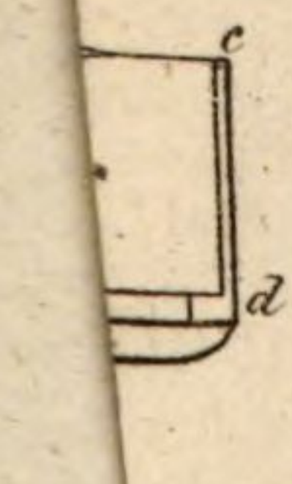


Fig. 129.

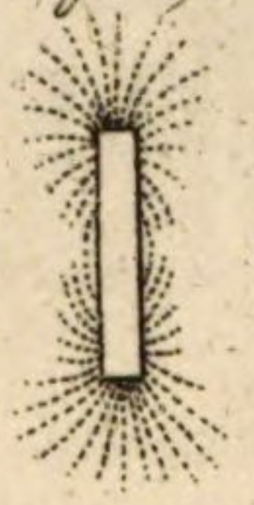
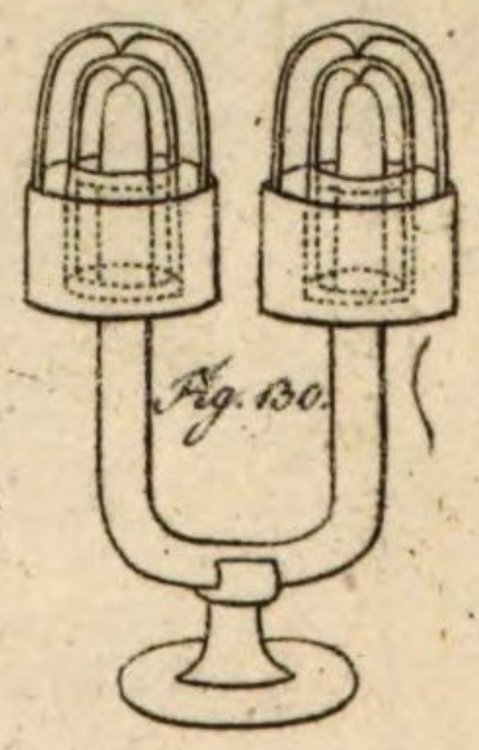


Fig. 130.



X VII 87

N. Schi

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Buchner, Johann Andreas, / Richard, Achille / Glocker, Ernst Friedrich

Grundriß der Physik als Vorbereitung zur Chemie, Naturgeschichte und Physiologie ; mit 10 Kupfertafeln und 14 Tabellen

Nürnberg 1825

M.med. 167 p-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10285970-3